

産業連関度による建築物のエネルギー消費量と二酸化炭素排出量に関する研究

—RC事務所建築、住宅建築のライフサイクル分析—

宇都宮大学大学院工学研究科  
博士後期課程 生産・情報工学専攻

鈴木 道哉



①

産業連関表による建築物のエネルギー消費量と二酸化炭素排出量に関する研究

—RC事務所建築、住宅建築のライフサイクル分析—

宇都宮大学大学院工学研究科  
博士後期課程 生産・情報工学専攻

鈴木 道哉



— 目 次 —

第1章 序論

1-1	研究目的	2
1-2	既存研究	2
1-3	まとめ	8

第2章 解析手法

2-1	産業連関の分析手法	13
2-2	投入係数	15
2-3	逆行列	18
2-4	固定資本形成による効果	24
2-5	本論文での解析対象と前提条件	27
2-6	本論文での建物寿命の扱い	30
2-7	まとめ	31

第3章 事務所建築の建設時のエネルギー消費量、二酸化炭素排出量

3-1	分析手法概要	46
3-2	対象建物の分析方法	46
3-3	主要部材使用量	48
3-4	究極的国内生産額	57
3-5	エネルギー消費量	58
3-6	二酸化炭素排出量	59



3-7	インテンシティー	60
3-8	まとめ	62

#### 第4章 住宅の建設時のエネルギー消費量、二酸化炭素排出量

4-1	分析手法概要	65
4-2	対象建物の分析方法	65
4-3	主要部材使用量	70
4-4	住宅メーカーでの工場使用エネルギー調査	73
4-5	究極的国内生産額	74
4-6	主要資源量	76
4-7	エネルギー消費量	77
4-8	二酸化炭素排出量	78
4-9	インテンシティー	79
4-10	主要部材のエネルギー消費量と全体のエネルギー消費量	80
4-11	まとめ	82

#### 第5章 運用時のエネルギー消費量、二酸化炭素排出量

5-1	調査分析概要	86
5-2	事務所建築の運用分析	86
5-3	住宅の運用分析	97
5-4	まとめ	111

#### 第6章 解体時のエネルギー消費量、二酸化炭素排出量

6-1	概要	115
-----	----	-----



6-2	事務所建築の分析 .....	115
6-3	住宅の分析 .....	125
6-4	まとめ .....	128

## 第7章 ライフサイクル評価

7-1	概要 .....	132
7-2	LCE、LCCO <sub>2</sub> の定量化 .....	132
7-3	LCE、LCCO <sub>2</sub> 低減方策の検討 .....	137
7-4	まとめ .....	148

## 第8章 結論と今後の展望

8-1	結論 .....	151
8-2	今後の展望 .....	156

## 謝 辞

## 本論文に関する既発表論文



## 第1章 序論



## 1 - 1 研究目的

日本における、建設行為に起因する二酸化炭素排出量は、建設行為そのものでは日本の全二酸化炭素排出量の約10%を占めるに至っており、さらに建物運用など建設関連を全て含むと約30%を占る。

しかしながら、地球環境的にみて重要にも関わらず、個々の建築物の建設やこれの運用、維持保全等におけるエネルギー消費量、二酸化炭素排出量の定量的把握や、これに基づく排出量低減のための努力は為されていないのが現状であり、実際、定量化手法も各種検討されているが、未だ確立されているとはいえない。

さらに、各種検討されている評価手法では、建設行為あるいは建築物の維持保全・運用行為などが各種産業に対して与える波及効果は十分に把握されているわけではなく、結果として評価が過小となる恐れがある。

本研究では、産業連関手法を分析手法として用い、事務所建築、住宅建築にこれを適用し、建設時におけるエネルギー消費量、二酸化炭素排出量の定量化を行い、さらに運用段階でのエネルギー消費量、二酸化炭素排出量を調査結果から算出し解体段階の評価と共にライフサイクルでの定量化を行い、ライフサイクル評価手法を提示することを目的としている。

## 1 - 2 既存研究

産業連関表は、世界の主として先進国で整備されており、これを地球環境分野に適応している研究もいくつか見受けられる。また積み上げ方式にて環境負荷（エネルギー消費量、二酸化炭素排出量など）を検討した例も見受けられる。以下にそれらの主要研究の要旨を示す。

国内の既存研究として、（社）建築業協会では、積み上げ方式に



よって国内の建設分野全体でのエネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量の算定、モデル建物（事務所建築）での固定資源量の算定などの検討を行っている<sup>1)</sup>。

科学技術庁においては、積み上げ方式によって住宅のライフサイクルにわたるエネルギー消費量の検討を行っており、このなかで建設に際してのエネルギー消費量の試算がされている。結果として木造戸建住宅では 900Mcal/m<sup>2</sup> (3,762MJ/m<sup>2</sup>)、軽量鉄骨系住宅では 735Mcal/m<sup>2</sup> (3,072MJ/m<sup>2</sup>)、RC集合住宅では 1,500 Mcal/m<sup>2</sup> (6,270MJ/m<sup>2</sup>)との結果が報告されている<sup>2)</sup>。

(社)日本建築学会、建築と地球環境特別研究委員会では、建設や建材による資源消費量やライフサイクルCO<sub>2</sub>\* (CO<sub>2</sub>と他の地球温暖化ガスのCO<sub>2</sub>換算量の合計値)の提案とこれにもとづく全建築ストックのLC CO<sub>2</sub>\*の試算を行っている<sup>3)</sup>。

国内での産業連関分析手法を用いた既存研究としては、須田松次郎らのものがあり、建築活動全分野及び各分野の二酸化炭素の排出量の試算を行い、住宅分野での排出量として1985年の全平均で単位床面積当たり 417 kg/m<sup>2</sup>との報告がある<sup>4)</sup>。

また、野城ら<sup>5)</sup>は積み上げ方式にて住宅の建設時のエネルギー消費量、二酸化炭素排出量を試算し、結果として在来工法では、エネルギー消費量で約700Mcal/m<sup>2</sup> (2,926MJ/m<sup>2</sup>)、二酸化炭素排出量では木材による炭素固定分を除くと約180kg/m<sup>2</sup>との試算がなされている。

産業連関表をエネルギー・環境構造分析に適用した研究としては、金川ら<sup>6)</sup>のものがあり、内包エネルギーの概念により都市での直接エネルギー消費と間接エネルギー消費を取扱い、実存する国内の都市のエネルギー消費分析をおこなっている。



国外では、ペデルセンら<sup>7)</sup>は建設が環境に与える影響（エネルギー消費量及びCO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>排出量）についてデンマークの産業連関表と経済統計諸表を用いて算出し、報告している。産業連関表はデンマークでは117産業部門に分割されている。

解析結果は、国内の標準的な延床面積の戸建住宅（150m<sup>2</sup>）に換算され示されている。エネルギー消費量は4.51GJ/m<sup>2</sup>であり、SO<sub>2</sub>は1.57kg/m<sup>2</sup>、CO<sub>2</sub>は0.35ton/m<sup>2</sup>であった。

また価格構成の約1/3を占める建設部材供給部門では建設行為全体の約85%のエネルギー消費がなされている。また構造部材をコンクリートや煉瓦から木材または鉄に変更する事によって、環境負荷を明らかに低減できる事が述べられている。1966年と1987年の住宅建設を比較すると、約21.4%エネルギー消費が低減されている。またこの他に、ライフサイクルエネルギーの検討もなされている。

ニュージーランドでの報告としてはピートら<sup>8)</sup>のものがあり、産業連関分析の特定の応用分やであるInput-Output Energy Analysis (IOEA)について言及しており、物品製造やサービス供給のために使われる、直接・間接のエネルギー消費を把握する方法として有用であると述べている。また産業連関表又はこれを用いた解析の歴史にも言及している。報告の中では、ニュージーランドの各産業部門のエネルギーインテンシティー（単位金額当りのエネルギー消費量）が示されており、建設は4.75MJ/\$、金属は14.34MJ/\$、製材木製品は5.5MJ/\$である。

S.C.Lonergan とC.Cocklin<sup>9)</sup>は産業連関表が1930年代後半にLeontiefによって開発されて以来の歴史を概説。さらに環境分野への適用は、その応用技術と関連データの未整理から今まで限界があったとし、これを打破するため、産業／産業モデルを推奨している。これは、Cumberlaudによって提唱され一つの連関表に環境要素と経済要



素を組み込むものであり、すなわち下記の表の構成となる。しかしながら環境へのメリット等を金額化する上での制約が生じるとしている。

表 2-1 産業／産業モデルの構成

	購入 金額	最終 需要	地域で の購入 金額	輸出	環境 ハ・ラ・ス
生産金額					
付加価値					
地域内全売上					
輸入					
環境へのメリット	(+) q				
環境コスト	(-) c				
環境バランス	a = (q - c)				

P. W. Gay と J. L. R. Proops<sup>10)</sup> は英国の1984年産業連関表を用いて各産業分野でのCO<sub>2</sub>排出量の算出を行い、これを分野別インテンシティーに整理している。英国でのCO<sub>2</sub>排出量の60%以上は、化石燃料の間接的消費によって生じており22%弱は、直接消費である。

特徴的な事として挙げられる点は、農林水産のCO<sub>2</sub>インテンシティーが造船及び機械工業より高い点である。

表 2-2 CO<sub>2</sub>インテンシティー (tons/£ M)

石炭	23,486
発電 (化石燃料)	20,110
送電線	17,339
ガス	12,675
石油精製	10,080
セメント	9,945
鉄道	52,788
空輸	4,608
煉瓦	3,705
銑鉄・粗鋼	2,594



M. S. Common<sup>11)</sup>は、1986/87年オーストラリア産業連関表と家計消費調査データを用いてCO<sub>2</sub>税を\$6/ton-CO<sub>2</sub>の割合で導入した場合の消費者物価指数(CPI)の上昇率を計算した。結果はCPIが0.84%上昇する事となった。また、下記の炭素税導入に対する計算を実施している。

#### ■炭素税導入分析(1)

オーストラリアの産業委員会の計算モデルによる計算では、国内の炭素排出量20%削減のためには、\$6.3/ton-CO<sub>2</sub>の税率が必要との試算結果がなされている。但し、この試算ではオーストラリア以外の国は無対策であるとの仮定であり、オーストラリアの石炭輸出等は影響を受けない計算条件である。

#### ■炭素税分析(2)

各国がそれぞれCO<sub>2</sub>削減努力を行うとの前提での計算を行った。すなわち各国の輸出入に対する影響を考慮したモデルである。国際的な合意である、40%CO<sub>2</sub>削減を条件とすると、オーストラリアの税率は\$56(US)/ton-CO<sub>2</sub>であり、NDPは1.0%減少となる。

#### ■炭素税分析(3)

上記計算にはロシア、中国、インドが含まれていないが、これらを含めた全世界にわたる計算では、CO<sub>2</sub>50%削減については全世界でGDPが4.4%減少するとの結果が示されている。

P. F. Chapman<sup>12)</sup>はニュージーランドの産業連関表を用いて1968年の各製品のエネルギーインテンシティーを計算している。結果の主要な製品については、下記の通りであった。

表2-3 エネルギーインテンシティー

鉄鋼製品	13,200 KWh/ton	212	KWh/£
アルミ	27,000 "	74	"
ガラス	6,250 "	142	"
セメント	2,200 "	410	"
プラスターボード	900 "	144	"
ゴム	41,000 "	213	"



また、この他にエネルギー消費の将来予測、エネルギー効率向上、リサイクル等にも言及している。

E.M.Gartner<sup>13)</sup>は住宅建設に伴うエネルギー消費を積み上げ方式及び産業連関表分析によって算出し、他文献とも比較を行っている。

産業連関分析結果は積上方式に比べ高い値となっている。これは分析対象の相違と推測しており、これ以外の部分では、積上方式も、連関分析も類似した結果と報告している。

B.Hannon<sup>14)</sup>はエネルギー消費量と雇用を解析するために産業連関手法を応用した。米国の産業連関表は1967年のものであり産業分類は約400で、このうち建設関連は49である。

新築の全平均のエネルギーインテンシティーは、74,100Btu/\$であった。事務所建築でのインテンシティーは60,000Btu/\$(63.3MJ/\$)、戸建住宅は55,500Btu/\$(58.6MJ/\$)であった。床面積当たりのエネルギー消費は事務所、戸建住宅それぞれ740,000、700,000Btu/ft<sup>2</sup>(8,403, 7,949 MJ/m<sup>2</sup>)であった。

さらに部材別のエネルギー使用量も示している。また、RC造とS造の構造比較も行っており、それぞれ172,021Btu/ft<sup>2</sup>、292,723 Btu/ft<sup>2</sup>(1,953, 3,324MJ/m<sup>2</sup>)の結果を得ている。

運用段階での戸建て住宅の比較を行っており、断熱の強化、二重ガラスの採用等によって約25%のエネルギー消費の低減の可能性が示されている。結論として部材選択、構法選択、省エネ手法の採用等で約20%エネルギー消費が可能としている。

B.Z.Segal<sup>15)</sup>は1967年産業連関表を用いた分析により建設分野のエネルギー消費を明らかにしている。建設分野は米国全体のエネルギー消費の10%強を占めており、このうち3/4が間接エネルギー消費(部材構造、輸送等)との報告を行っている。

エネルギーインテンシティーの高い建設分野の10部門も明らかに



されており、一位が石油パイプライン建設、次いでガス施設、高速道路、石油パイプライン保守、石油・ガス掘削井等となる。

パイプラインが高い理由は、建設重機を使用する事と鉄パイプ等のエネルギーインテンシティーが高い部材を多量に使用する事である。また戸建住宅分野でのエネルギー消費項目別消費量が示されている。石油が11.4%、コンクリートが8.6%、木製品が6.8%を占める。

M.S.Common と U.Salma<sup>16)</sup> はオーストラリア産業連関表(1986/87年)を用いて各分野毎のCO<sub>2</sub>総排出量及びCO<sub>2</sub>インテンシティーを計算している。最大のCO<sub>2</sub>排出分野は電力で43,747x10<sup>6</sup>tonである。CO<sub>2</sub>インテンシティーではやはり電力であり次いで石炭、石油製品である。更にCO<sub>2</sub>排出量削減のためのケーススタディーを行っている。

検討ケース		CO <sub>2</sub> 削減率
全産業での電力消費	10%削減	4.4
“ 金属 “	“	1.4
電力分野への化石燃料	10%削減	4.3
電力分野での燃料転換(全量をガスに変換)		19.9

### 1-3 まとめ

既存文献調査より以下がわかった。

1) 産業連関表を解析手法として、建設分野での波及効果も含めた環境負荷(エネルギー消費量二酸化炭素排出量など)の定量化の検討を行っている研究例が幾例かみうけられた。しかし、都市または国単位を対象とした検討が多く、エネルギー政策立案などのための基礎的検討と思われる研究が多い。



2) 個々の実建物の建設について産業連関分析手法を用いて地球環境負荷の算出を行っている例はあまり見受けられない。但し、住宅建設についてはデンマークでの例、イギリスでの計算例が見受けられる。しかしながら方法が明示されておらず、また、日本と海外では産業連関表の産業分類など異なる点があり、日本での産業連関分析にすぐに適用はできない。日本においては、積み上げ方式では住宅の分析が幾例か見られるが産業連関分析による実建物の解析例は皆無であった。

3) 経済波及効果を含めた究極的な環境負荷算出には産業連関分析手法が適しているが、個々の実建物に対して産業連関分析を行い環境負荷を算出する方法論は確立されているとはいえない。

4) 日本においては現在までのところ、建設物の環境負荷算出のための方法論としては積み上げ方式が主流であるが、この手法に用いる原単位の統一が成されておらず、さらに間接に消費されるエネルギーや資本形成によって生ずる物品購入などから派生するエネルギー消費、さらには経済波及効果も含めた究極的な環境負荷の定量化は不可能である。

5) 建築物のライフサイクル（建設、運用、更新、解体）評価に関しては、日本建築学会で、ライフサイクルCO<sub>2</sub>\*の検討が行われている。但し、これは積み上げ方式での計算であり、分析項目も粗いため精度が低いと考えられる。また実建物を解析対象とした分析ではなく仮想的なケーススタディーに留まっている。

以上より、実建物の解析から建設行為あるいは建築物の運用まで含めた環境負荷（エネルギー消費量、二酸化炭素排出量）を正確に把握することが、重要であるにも拘らず、ライフサイクルにわたっ



てどのような負荷を与えているかの研究の進展はあまりみられない。  
さらに、分析の方法論が明確でないため環境負荷をどの様に削減して  
いくかの基礎的検討が行われていないのが現状といえる。

本論文では、日本における全建設のうち建設投資額にて過半数を  
占める住宅建築およびRC事務所建築を対象とし、建設、運用、更  
新、解体に係わるライフサイクルでのエネルギー消費量、二酸化炭  
素排出量の定量化手法を提示し、建設行為及び建築物の環境負荷を  
定量的に示す。さらに建設行為あるいは建築物に関わるエネルギー  
消費量、二酸化炭素排出量低減の方策について幾つかの試算を行い  
この効果を提示する。

[参考文献：1章]

- 1) (社) 建築業協会：我が国における建築物の建設に係わる資源消  
費と関連する影響要因の実態，1991年，
- 2) 科学技術庁 資源調査会：衣・食・住のライフサイクルエネルギ  
ー，大蔵省印刷局，昭和55年
- 3) 建築が地球環境に与える影響，日本建築学会 建築と地球環境特  
別研究委員会，1992年
- 4) 須田松次郎：1985年建築活動による排出炭素量，建築が地球環境  
に与える影響，日本建築学会，1993年11月
- 5) 野城他：地球環境・資源問題を考慮した構工法選択のための原単  
位評価に関する研究、日本建築学会第9回建築生産と管理技術シ  
ンポジウム、p77-82, 1993年
- 6) 金川琢他：産業関連モデルによる都市のエネルギー・環境構造分  
析、環境システム研究、Vol19、p70-75, 1991年8月
- 7) Dan Ove Pedersen: Economic Assessment of Energy Use and



- Enviromental Impact of Construction, CIB W55, p195-203,  
1993
- 8) John Peet: Input-Output of energy analysis, International  
Journal of Global Energy Issue, Special Issue on Energy  
Analysis, p10-18, 1993
- 9) S.C. Lonergan and C. Cocklin: The Use of Input/Output  
Analysis in Environmental Planning, Journal of  
Environmental Management, p129-147, 1985
- 10) P.W. Gay and J.L.R. Proops: Carbon-dioxide Production by  
the UK Economy: An Input-Output Assesment, Applied Energy,  
No. 44, p113-130, 1993
- 11) M.S. Common: Economic Modeling and Australian Carbon  
Dioxide Emissions, Mathematics and Computers in Simulation,  
vol. 33, p581-596, 1992
- 12) P.F. Chapman: The Energy Costs of Materials, Energy  
Policy, Mar., p47-57, 1975
- 13) E.M. Gartner, M.A. Smith : Energy Costs of House  
Construction, Energy Policy, p144-157, June 1975
- 14) B. Hannon et al : Energy and Labor in the Construction  
Sector, Science, vol. 202, p837-847, 1978
- 15) B.Z. Segal : Determining The Energy Cost of Construction  
Activity, p307-315, 1978
- 16) M.S. Common and U. Salma : Accounting for change in  
Australian Carbon Dioxide Emissions, ENERGY ECONOMICS,  
July, p217-225, 1992



## 第 2 章 解析手法



## 2 - 1 産業連関の分析手法

諸産業は、相互に取引関係を結び合いながら、生産活動を行い、最終需要部門に対して必要な財貨・サービスの供給を行っている。

あるひとつの産業部門は、他の産業部門から原材料、燃料等を投入し、これをもとに別の財貨・サービスを生産し、その財貨・サービスを、さらに別の産業部門における生産の原材料として算出する。このような投入－産出という関係が、連鎖的につながり、最終的には最終需要部門に対して完成財を供給し、取引は完結する。

たとえば、このことは建設部門に関しても例外ではなく、建築の需要が増え、建設産業が拡大する場合でも、関連産業である鉄鋼業や窯業、金属製品工業などに需要の拡大が波及するのはもちろんのこと、一見あまり関係のない産業にも、さきに述べたように産業同士間の直接・間接の取引により需要が生じる。このことを波及効果と呼び、ある需要に対して産業波及の流れが生じ、産業波及が無限に繰り返されて、0に収束する。

本研究では、建築により需要が生じたものを「建築物の建設に必要な最終需要額」、この需要によって生じる生産額を「建築物の建設による究極的国内生産額」と呼ぶことにする。

産業連関表は、一国の経済活動の様相を、産業間の連結を主軸として一つの経済循環の統計数値を見取り図にまとめたものである。

1年間に生産された財貨・サービスのすべてが対象となり、経済企画庁が作成する国民経済計算体系における国民所得統計では、対象にならない中間生産物についても、各産業別にその生産及び取引実態が詳細に記録されている。

産業連関表は、1965年から5年ごとに公表されており、最新のものは1990年（平成2年）のものであるが、本研究では1985年（昭和60年）のものを使用した。

昭和60年産業連関表は、産業部門別に統合表として29、84、183の各部門表と基本表の行529×列408の部門表が磁気テ



ープで提供されている。

本研究では、基本表のうち（鉄屑、非鉄金属屑）を除く、406部門表を使用した。

産業連関表は2つの方向にそって読むことができる。

表2-1の数字を横の「行」方向に読むと、その部門の財貨・サービスがどの需要部門でどれだけ用いられていたのか、その販売先の内訳（販路構成）が示されている。この販売を「算出」という。

これは、二つの部門に大別され、各産業部門に原材料としての使用のため中間生成物として作られた「中間需要」による部分と、消費、投資、輸出などの最終生産物として売られた、「最終需要」による部分が示されている。

数字を縦の「列」方向に読むと、その部門の財貨・サービスの生産にあたって用いられた原材料、燃料、労働力などへの支払い内訳（費用構成）が示されている。この支払いを「投入」と呼ぶ。これも大別すると2分され、各産業が諸産業から購入した原材料などの「中間投資」の部分と、雇用者の所得、営業余剰などの「付加価値」に分けられる。

産業連関表は、これをそのまま読みとるだけでも、表作成年次の産業構造や産業部門間の相互依存関係など国民経済の構造を相対的に把握・分析することができる。産業連関分析のためには、各種係数が必要となり、その内容と計算方法を次節に示す。

本研究における産業連関分析とは、見積金額を材料・人件費等の付加価値に分類し、材料金額から商業マージン、運送費を差し引いた生産者価格をそれぞれ産業連関表の分類にあてはめ、産業連関表のレオンチェフ逆行列を乗じて究極的な国内総生産額を算出する。

これを物量に換算した上でエネルギー消費量原単位、CO<sub>2</sub>発生原単位を乗じて、エネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量を求めていく手法であり、経済波及効果が加味されているものである。従って、本手法で求められたエネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量を本論文では究極的エネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量と呼ぶ。



## 2 - 2 投入係数

「投入係数」とは、各産業がそれぞれ生産物を生産するために使用した原材料、燃料等の投入額を、その産業の国内生産額で除したものであり、生産原単位に相当するものである。投入係数を産業別に計算して一覧表にしたものが「投入係数表」である。

ここに、国民経済を単純化して、産業1及び産業2だけからなるものと仮定した場合、取引基本表は、表2-1のように表現することができる。

表 2 - 1 取引基本表

	産業 1	産業 2	最終需要額	国内生産額
産業 1	$x_{11}$	$x_{12}$	$F_1$	$X_1$
産業 2	$x_{21}$	$x_{22}$	$F_2$	$X_2$
粗付加価値	$V_1$	$V_2$		
国内生産額	$X_1$	$X_2$		

いま、産業1が産業1から投入した金額  $x_{11}$  を、産業1の国内生産額  $X_1$  で除した値を  $a_{11}$  とすれば、 $a_{11}$  は産業1の生産物を1単位生産するために必要な産業1からの投入金額を表す。

$$a_{11} = \frac{x_{11}}{X_1} \quad \dots (1)$$



同様に、 $a_{21} = \frac{X_{21}}{X_1}$  は、産業 1 がその生産物を 1 単位生産するた

めに産業 2 から投入した原材料などの金額を表している。以上のよ  
うな手続きを産業 2 についても同様に行うと、表 2 - 2 のような投  
入係数表を求めることができる。

表 2 - 2 投入係数表

	産業 1	産業 2	
産業 1	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_j}$
産業 2	$a_{21}$	$a_{22}$	
粗付加価値	$v_1$	$v_2$	$v_j = \frac{V_j}{X_j}$
国内生産額	1.0	1.0	

注) i は行を j は列を表す。

投入係数表は「ある産業で生産物 1 単位を生産するのに必要な諸  
部門からの原材料投入量」を、示している。

投入係数は、ある産業部門に対して一定の最終需要が発生した場  
合、究極的にみて、各産業の生産をどれだけ誘発するかを測定する  
鍵となるものである。

しかし、実際の計算において、生産波及の各過程をその都度追跡  
し、計算する事は事実上不可能であり、また実際的なことでもない。  
そこで、このような生産波及計算を簡略化するために、逆行列係数  
が用いられるが、まず生産波及の過程について述べる。

生産波及の数字的計算は、次に述べるとおりである。前記の表 2



— 1 について、数式を用いてヨコの需要バランス式を求めると、次のようになる。

$$x_{11} + x_{12} + F_1 = X_1$$

. . . . (2)

$$x_{21} + x_{22} + F_2 = X_2$$

(2) 式に (1) 式を代入して変形すると、

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + F_1 = X_1$$

. . . . (3)

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + F_2 = X_2$$

となる。

(3) 式にみられるとおり、最終需要と国内生産額との間には、一定の関係が存在しており、その関係を規定しているのが「投入係数」ということになる。

また、(3) 式を行列表示すると

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}$$

となる。

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} \\ a_{12} & a_{22} \end{bmatrix}$$



を投入係数行列という。

(3) 式の連立方程式の最終需要額  $F_1$  及び  $F_2$  に具体的な数値を与えれば、これを解くことによって、生産波及効果の結果としての産業 1 及び産業 2 の国内生産額の水準を計算することができる。

昭和 60 年産業連関表の投入係数表 (13 部門) を表 2-2-3 に示す。

### 2-3 逆行列

ある産業部門に一定の最終需要額が発生した場合、それが各産業に対して、直接・間接にどのような影響を及ぼすのかを分析するのが、産業連関分析の最も重要な分析の一つであり、その際に決定的な役割を果たすのが各産業部門の投入係数である。

いま、仮に産業 1 及び産業 2 だけの国民経済を考えた場合、さきに述べたように最終需要が与えられれば、次のような連立方程式を解くことによって、産業 1 及び産業 2 の国内生産額の水準を計算することができる。

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + F_1 = X_1$$

..... (3)

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + F_2 = X_2$$

ある部門に対する最終需要額が 1 単位生じた場合、各部門に対してどのような産業波及が生じ、部門別の国内生産額が最終的にはどれだけになるかを、あらかじめ計算できれば、分析を行う上で非常に便利である。このような要請に応じて作成されるのが「逆行列係数表」である。

そこで、前記の (3) 式の行列表示



$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} \quad \dots \dots (3)'$$

において、

$$\text{投入係数の行列} \quad \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} = A$$

$$\text{最終需要の列ベクトル} \quad \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{bmatrix} = F$$

$$\text{国内生産額の列ベクトル} \quad \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} = X$$

とおくと、

$$A X + F = X \quad \dots \dots (3)''$$

となる。これを  $X$  について解くと、

$$X - A X = F$$

$$\therefore X = (I - A)^{-1} F$$



となる。ここで  $I$  は単位行列、 $(I - A)^{-1}$  は  $(I - A)$  の逆行列であり、

$$(I - A)^{-1} = \begin{bmatrix} 1 - a_{11} & -a_{12} \\ -a_{21} & 1 - a_{22} \end{bmatrix}^{-1}$$

この行列の成分を「逆行列係数」と呼ぶ。これを 1 表にまとめたものが「逆行列係数表」である。

逆行列係数表とは、「特定の生産 1 単位をあげるのに、直接・間接に必要とされる諸産業部門の算出水準が、最後にどのくらいになるかを算出した係数である」

産業連関表を用いて生産波及の分析を行う場合には、輸入をどのように取り扱うかが大きな問題となる。輸入を明示した取引基本表を表 2 - 3 に示す。

表 2 - 3 取引基本表（輸入）

	産業 1	産業 2	最終需要額	輸入	国内生産額
産業 1	$x_{11}$	$x_{12}$	$F_1$	$-M_1$	$X_1$
産業 2	$x_{21}$	$x_{22}$	$F_2$	$-M_2$	$X_2$
粗付加価値	$V_1$	$V_2$			
国内生産額	$X_1$	$X_2$			



基本モデルの需給バランス式は次のように表される。

$$a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + F_1 - M_1 = X_1 \quad \dots \dots (4)$$

$$a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + F_2 - M_2 = X_2$$

これを行列表示すると、

$$A X + F - M = X \quad \dots \dots (4)'$$

となる。

本論では、最終需要額  $F$  を国内最終需要  $Y$  と輸出  $E$  とに分離したものである。すなわち、

$$F = Y + E \quad \dots \dots (5)$$

となる。

輸出については、単なる通過取引計上しないこととして表が作られている。したがって、輸出には輸入品は含まれないはずであるから、行別輸入係数  $m_i$  を次のように定義する。

$$m_i = \frac{M_i}{\sum a_{ij} X_j + Y_j}$$

すなわち、 $m_i$  は国内総需要にしめる輸入品の、割合輸入依存度を表し、 $1 - m_i$  が自給率を表すことになる。

(4)' 式を  $i$  行について記せば、

$$\sum a_{ii} X_i + Y_i + E_i - M_i = X_i \quad \dots \dots (6)$$

輸入係数の定義から、



$$M_i = m_i (\sum a_{i1} X_1 + Y_i) \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (7)$$

(7) 式を (6) 式に代入して整理すると、

$$X_i - (1 - m_i) \sum a_{i1} X_1 = (1 - m_i) Y_i + E_i \quad \cdot \cdot (8)$$

輸入係数  $\{m_i\}$  を対角要素とし、非対角要素を 0 とすると対角行列を  $M$  とすれば、

$$M = \begin{bmatrix} m_1 & & 0 \\ & \cdot & \\ & & \cdot \\ 0 & & & m_n \end{bmatrix}$$

(8) 式より次式が得られる。

$$[I - (I - M) A] X = (I - M) Y + E \quad \cdot \cdot \cdot (9)$$

(9) 式から、

$$X = [I - (I - M) A]^{-1} [(I - M) Y + E] \quad \cdot \cdot (10)$$

となり、国内最終需要  $Y$  と輸入  $E$  を与えることにより、国内総生産額  $X$  を求めることができる。

ただし、 $X$  : 生産額ベクトル (円/年)

$I$  : 単位行列

$A$  : 投入係数

$Y, E$  : 製品の国内最終需要額および輸出額  
(円/年)



$M$  : 産品の輸入額 (円/年)

レオンチェフ逆行列は (10) 式の  $(I - (I - M)A)^{-1}$  であり、生産者価格基準である。

究極的な国内生産額を算出するためには建設に必要な支出を整理し、最終需要額  $Y$  として (10) 式に与える。

本研究では1985年の産業連関表<sup>1)</sup>を使用した。計算に要する産業部門数は鉄屑、金属屑部門を除いた406部門である。産業連関表の基本分類を本章末尾に示す。

産業連関基本表は、生産者価格で表現されている。従ってある産業への金額の投入は、平均的な材料単価にて資材を購入したこととして取り扱われる。このため、購入した資材が平均的な価格とかけ離れている場合は、分析に誤差が生じる。

この誤差を極力小さくするため、本研究では建築物の主要部材に関しては、図面と見積書をもとに主要部材量を算定し、これをもとに、産業連関表(物量表)の平均的な部材単価から主要部材の価格を計算する手法を採用し、この結果を用いて、見積書の該当部分の金額を修正する方法を用いている。

これは、実際の物品単価が物量表での単価(平均単価)とかけ離れて場合、波及効果などが過大、または過小評価されることを避けるためである。

例えば、アルミサッシのように材料使用量自体の差がほとんどない場合であっても、見積書記載金額に大きな差が生じている場合がある。その原因は、加工手間などの人件費によるものが大きいと判断している。この様な手法により分析の際に発生するであろう誤差を極力少なくするように努めている。

尚、見積書分析に際して、管理費は一般的には一括計上されている。一般管理費については、当該建築を建設した施工会社の有価証券報告書の記載割合に従って分類した。その内容は、広告宣伝費、厚生年金費、法定福利費、旅費交通費、賃借料、光熱費、消耗品費、



実験研究・教育費、調査費、保険費、通信費、雑費、修繕費、運送費、保管費及び人件費等である。

現場管理費については、建設統計年報に記載されている割合を用いて分類した。

その内容は、労務管理費、租税公課費、設計費、保険料、法定福利費、事務用品費、通信交通費、補償費、雑費、出張所等経費配賦額及び人件費等である。

#### 2 - 4 固定資本形成による効果

固定資本の定義は、10万円以上の物品の購入分であり、建物・工場の他、10万円以上の機械類等が含まれる。

固定資本形成のための投資は、産業連関表の基本表では、粗付加価値として計上されている。但し、実際には、これらの投資は、各産業部門に対して需要を発生させている。

従って、固定資本形成のために生じるエネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量などを算出するためには、産業連関表の固定資本マトリックス表により、各産業分野が他産業に対し単位生産額当たり、どれだけの需要を喚起しているかを把握し、これに本研究で用いている産業連関表の逆行列を乗じて究極的国内生産額、主要資源量を算出し、最終的にエネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量を計算する方法をとらなければならない。

本節では、従来、一般的には、付加価値として扱われていた固定資本形成によるエネルギー消費量、二酸化炭素排出量を具体例をとおして試算した。試算対象は4章の住宅8建物であり、住宅の詳細については4章に記載してある。産業連関手法を適用し8建物の固定資本形成によるエネルギー消費量、二酸化炭素排出量の定量化を行い、またこれが全体に占める割合がどの程度かを定量化した。

エネルギー消費量計算結果を表2-4に示す。固定資本形成によるエネルギー消費量は、各建物の建設によるエネルギー消費に対し



表2-4 固定資本形成によるエネルギー消費量

	仮設工事	構造工事	仕上工事	設備工事	経費	合計
集合住宅-1	91.1	199.5	168.1	99.1	51.6	609.4
	1.1%	2.4%	2.0%	1.2%	0.6%	7.3%
集合住宅-2	73.9	293.9	181.5	151.0	44.3	744.7
	0.7%	2.7%	1.7%	1.4%	0.4%	6.8%
2 × 4-1	10.2	75.8	121.3	71.8	50.0	329.2
	0.3%	2.4%	3.9%	2.3%	1.6%	10.6%
2 × 4-2	7.2	68.1	89.2	87.2	41.1	292.8
	0.2%	2.4%	3.1%	3.0%	1.4%	10.1%
在来工法-1	7.8	80.7	102.9	103.1	46.7	341.2
	0.2%	2.5%	3.2%	3.2%	1.4%	10.5%
在来工法-2	9.1	65.5	96.0	110.6	46.2	327.3
	0.3%	2.2%	3.2%	3.7%	1.6%	11.0%
軽量鉄骨-1	12.8	40.2	221.1	176.6	56.4	507.0
	0.2%	0.8%	4.3%	3.4%	1.1%	9.9%
軽量鉄骨-2	9.4	49.3	207.1	128.8	55.0	449.5
	0.2%	1.1%	4.4%	2.8%	1.2%	9.7%

上段:エネルギー消費量(MJ/sq. meter)

下段:全体に占める固定資本形成によるエネルギー消費量の割合

表2-5 固定資本形成による二酸化炭素排出量

	仮設工事	構造工事	仕上工事	設備工事	経費	合計
集合住宅-1	7.8	17.1	14.5	8.5	4.4	52.3
	1.1%	2.4%	2.0%	1.2%	0.6%	7.3%
集合住宅-2	6.3	25.3	15.7	12.9	3.7	63.9
	0.6%	2.6%	1.6%	1.3%	0.4%	6.5%
2 × 4-1	0.9	6.8	10.5	6.2	4.2	28.5
	0.4%	3.0%	4.6%	2.7%	1.9%	12.5%
2 × 4-2	0.6	6.0	7.7	7.5	3.5	25.4
	0.3%	2.7%	3.5%	3.4%	1.6%	11.6%
在来工法-1	0.7	7.2	9.0	8.9	4.0	29.7
	0.3%	3.0%	3.7%	3.7%	1.6%	12.3%
在来工法-2	0.8	5.9	8.4	9.5	3.9	28.5
	0.4%	2.7%	3.8%	4.3%	1.8%	12.9%
軽量鉄骨-1	1.1	3.5	19.1	15.7	4.8	44.2
	0.3%	0.9%	5.0%	4.1%	1.3%	11.6%
軽量鉄骨-2	0.8	4.3	18.0	11.2	4.7	39.0
	0.2%	1.1%	4.8%	3.0%	1.2%	10.3%

上段:二酸化炭素排出量(kg/sq. meter)

下段:全体に占める固定資本形成による二酸化炭素排出量の割合



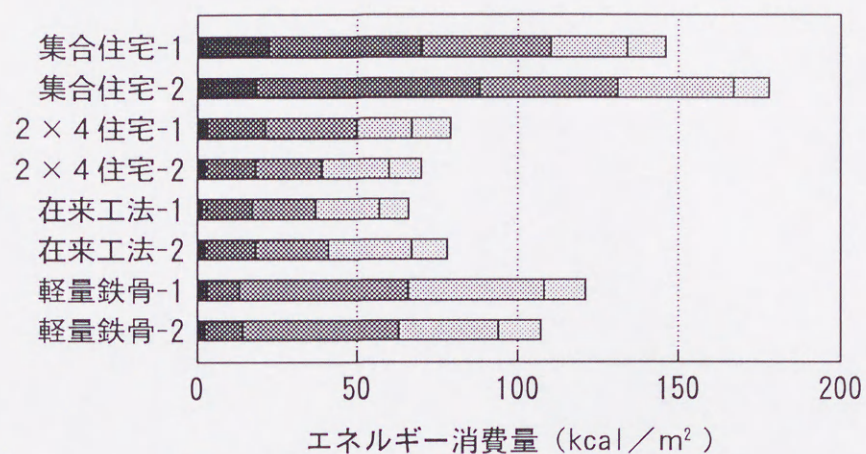


図2-1 (a) 固定資本形成にともなうエネルギー消費量

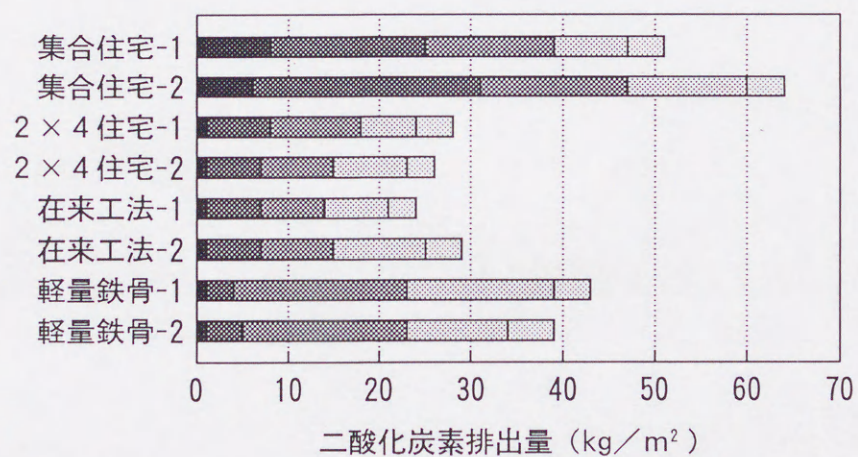


図2-1 (b) 固定資本形成にともなう二酸化炭素排出量



て 7～11% 程度となっており、無視し得ない程度の割合を占めているがあまり顕著な比率とはなっていない事がわかった。各工事項目別にみると、軽量鉄骨の構造工事での割合が低いことが特徴である。軽量鉄骨の構造材は、産業分類では鉄鋼業に依存しており、全産業平均の生産者価格当たりの固定資本形成の割合は12.7%であるが、鉄鋼業では3.9%と低いためである。

二酸化炭素排出量算出結果については表 2 - 5 に示す。二酸化炭素排出量に関しても、エネルギー消費量と同様の傾向がみられる。さらに、エネルギー消費量、二酸化炭素排出量の単位面積当たりの量を図にて図 2 - 1 ( a ) , ( b ) に示す。

産業連関分析により、固定資本形成に起因するエネルギー消費量、二酸化炭素排出量の試算を行った結果、全体のエネルギー消費量、二酸化炭素排出量に占める割合は 7 ～ 1 1 % 程度であり、あまり大きな割合を占めるには至っていないことがわかった。

本論文では、固定資本形成による効果は以降、省略して検討を進めるものとする。

## 2 - 5 本論文での解析対象と前提条件

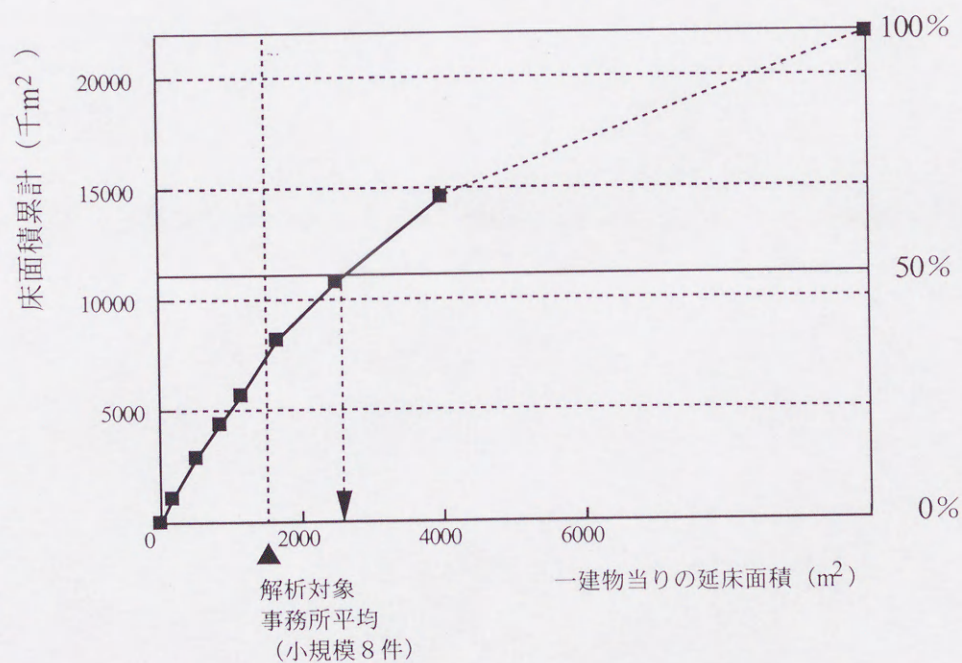
本論文での建築物のライフサイクルとは建築物の建設、運用、改修・更新、解体を指し、それぞれの段階での行為の波及効果までを含む。但し、解体以降の部材の処理、再利用（リサイクル）は、解析対象外である。また本論文でいうエネルギー消費量とは一次エネルギーを化石燃料に依存しているエネルギー消費に限っている。二酸化炭素排出量についても建設行為とそれに付随する行為（建築部材の製造など）とこれらの行為の波及効果によつての化石燃料の燃焼に伴い発生する二酸化炭素に限られている。但し、建設での主要部材であるセメントに関しては製造工程での化学変化により二酸化炭素が発生するがこれについては加味している。



本論文では前記の産業連関分析により事務所建築と住宅建築を対象として分析を進めている。

各建築物はそれぞれ多少の特殊性があり、また、単位床面積当たりの建設価格で比較すると一般的に高級仕様のもものと標準仕様のもものでは開きが生じる。本論文では、可能な限りそれぞれの建物について標準的なものを選定するように努めた。たとえば住宅では一戸当たりの床面積が全国平均とあまりかけ離れていないものを選定した。事務所建築では、当該建物規模での標準的な仕様のもものを選定し、特殊な、あるいは特別に高級仕様のもものを除外するように努めた。

本論文での解析対象とした事務所建築の床面積の平均は小規模RC造またはRC・S併用構造計8件で1463 $\text{m}^2$ である。下図に参考として平成5年度の新築RC造のうち住宅を除いた建築物の累積床面積分布を示す。



住宅を除くRC建築物の建物規模による延床面積の累積分布  
(平成5年度着工：建設統計要覧1995；建設省経済局監修より作成)



累積床面積分布によれば累積値50%の一建物当りの延床面積は約2,600m<sup>2</sup>であり本論文での解析対象はこれより小規模であるといえる。

しかしながら参考として解析を実施した建物2件SRC造1件、S造1件を含めると解析対象事務所10件での平均床面積は4,314m<sup>2</sup>であり累積床面積分布の50%を越える位置付けとなる。

住宅に関しては、住宅産業白書によれば日本における戸建住宅（持ち家）の平均延床面積は1985年では126.9m<sup>2</sup>であり1990年では136.6m<sup>2</sup>である。これに対して、本論文での解析対象戸建住宅は平均延床面積は134.3m<sup>2</sup>であり、1990年に近い床面積となっている。

従って、当該建物規模、用途では平均的なものといえるが、それぞれの時代により”標準的な建物”も若干、変化していると考えられるため、必ずしも全建物のストックの標準的なものとは言えない。

本論文では1985年産業連関表を使用しているため、可能な限り1985年に近い竣工年の建物を選定している。従って1980年代の建物を対象とする場合には妥当性があると考えられるが、現在の建物の寿命は、例えば事務所建築を例にとると40年（後述）であり、1980年代以前に建てられたものもかなりストックとして存在しこれらは本論文での解析結果からずれが生じている可能性がある。

また前述の通り、産業連関表での解析手法であるため国内におけるエネルギー消費量、二酸化炭素排出量についてのみ扱っており、海外での製品および中間製品の製造でのエネルギー消費量、二酸化炭素排出量については分析の対象外である。

また、建物それぞれの建設に際して購入されている各種製品および中間製品の価格が産業連関表で示される平均価格と一致しているかの検討はなされていない。従って、この価格差が大きい場合には分析に誤差が生じていることとなる。

更に、本分析手法では、分析に際して見積書を用いているため見積書と実際の原価構成が異なっていた場合には、この点からも誤差



が発生する可能性がある。

解析結果を利用する場合には上記の点に留意が必要となる。但し各章では他の既往の研究で類似の対象を扱っているものについて可能な限り結果を参照しており、類似研究との誤差についても比較検討しており本論文での解析結果の妥当性を導き出している。

## 2-6 本論文での建物寿命の扱い

建物のライフサイクルを取り扱うためには建物の寿命についての取扱いを定める必要がある。本研究では事務所建築と住宅建築について解析を進めるためこれらの平均寿命について本節で検討を加えた。寿命の設定に際しては法定耐用年数を用いるものと実態調査などからこれの値を用いるものがある。

事務所建築についてはRC造で65年との耐用年数設定があるが第二次世界大戦以前から存続している建物は希有であり、また建物の改修、更新、建て替えなどの行為は経済活動と密接に関連があるため建物の物理的耐用年数自体のみでは一概に決定されるとはいえない。

事務所ビルの耐用年数の実態調査研究として野城らの調査研究<sup>2)</sup>があり、この中で、RC造事務所建築の調査結果をワイブル分布にあてはめた場合の寿命の代表値として38.8年との報告がなされている。本研究ではRC造6棟、RC、S併用構造2棟、S、SRC造計2棟が解析対象であるためRC造の寿命を代表として用い、かつ38.8年を四捨五入して40年に設定することとした。

住宅では法定耐用年数は木造モルタル造で22年、金属造（骨格材の肉厚3mm超4mm以下）で30年、RC造、SRC造で60年である。住宅についても周辺環境、立地条件、使用状況、経済環境など物理的耐用年数のみでは判断できない要因がある。

木造住宅に関しては調査<sup>3)</sup>では実質の耐用年数が47年と法定耐用年数の2倍以上の寿命があるとの報告がある。この調査から木



造住宅では物理的には法定耐用年数をかなり上回る物理的耐用年数が期待できるということがわかる。

本論文では、木造、鉄骨造戸建住宅、RC、SRC造集合住宅に関して共通した調査報告が見あたらなかったため、住宅に関しては基本的には法定耐用年数を用いることとするが、木造住宅に関しては上記の調査により実質は法定耐用年数を上回る寿命が期待できることから30年と設定し、金属造（軽量鉄骨）と同一の寿命と設定することとした。

## 2-7 まとめ

本章では産業連関分析の基礎的な計算手法を提示した。さらに、産業連関分析の際の見積金額分析に際しての留意点も提示した。

また従来、付加価値として取り扱われていた固定資本形成による究極的なエネルギー消費量、二酸化炭素排出量の全体に占める割合を具体例を通して定量化した。この結果、全体に占める割合は7～11%程度であることを示した。

さらに本手法の制約と解析の前提条件についても述べた。

## 「2章 参考文献」

- 1) 通商産業調査会：昭和60年産業連関表，磁気テープ，平成元年
- 2) 野城智也他：東京都中央区における事務所建築の寿命実態、日本建築学会計画系論文報告集第413号p139-149、1990年7月
- 3) (財)日本木材総合情報センター：木質系資材等地球環境影響調査報告書、平成7年3月
- 4) 宮沢健一：産業連関分析入門，日本経済新聞社，昭和55年
- 5) 金子敬生：産業連関分析，有斐閣双書，昭和51年
- 6) 建設物価調査会：建設部門分析用産業連関表，平成元年11月



- 7) 財団法人 建設物価調査会：標準工事歩掛要覧，改訂7版，平成5年
- 8) 財団法人 建設物価調査会：建設工事標準歩掛，第27版，昭和61年
- 9) 建設工業経営研究会：建設工事原価分析情報，大成出版，昭和62年7月
- 10) 建設資料研究所：積算ポケット手帳，1993前期編、1993設備編、1992外廻り工事編，1992年12月
- 11) 財団法人 経済調査会：建築工事の積算，平成4年11月
- 12) 財団法人 経済調査会：建築設備工事の積算，平成4年9月
- 13) 建設省建設経済局：建設統計要覧、1995年
- 14) 株式会社矢野経済研究所：住宅産業白書1995版、1995年



## 昭和60年産業連関表

## 基 本 分 類 部 門 表

産 業 部 門 コ ー ド	列 符 号	行 符 号	部 門 名
1	0111-01	0111-011	米
2	-02	-012	米
3	-03	-021	麦
		-022	麦
		-023	麦
		-024	麦
		-031	雑穀
		-039	雑穀
4	0112-01	0112-011	い
5	-02	-012	か
		-021	ば
		-022	豆
		-029	大豆
6	0113-01	0113-011	野
7	0114-01	0114-011	果
		-012	かり
		-019	その他
8	0115-01	0115-011	油
9	-02	-021	砂糖
10	-03	-031	飲料
		-039	その他
11	-09	-091	その他
		-092	その他
12	0116-01	0116-011	飼
13	-02	-021	料
14	-03	-031	葉
15	-04	-041	種
16	-09	-091	花
		-092	その他
		-093	その他
17	0121-01	0121-011	酪
18	-02	-019	生
19	-03	-021	の
20	-04	-031	他
21	-05	-041	の
22	-09	-051	酪
		-091	卵
		-099	鶏
23	0122-01	0122-011	養
24	0131-01	0131-011	獣
25	-02	-021	農
26	0211-01	0211-011	育
27	0212-01	0212-011	素
		-012	素
28	0213-01	0213-011	特
29	0311-01	0311-011	沿
30	-02	-021	沖
31	-03	-031	遠
32	-04	-041	海
33	0312-01	0312-011	内
34	-02	-021	水
35	0611-01	0611-011	鉄



基本分類部門表

[illegible]



産業部門コード	列符号	行符号	部門名
36	0612-01	0612-011 -012 -019	非鉄金属 鉛 物 銅 亜鉛 鉛物 鉛 亜鉛 鉛物 その他 非鉄金属 鉛物
37 38	0621-01 -09	0621-011 -099	石 灰 窯 業 原 料 鉱 石 その他 灰 窯 業 原 料 鉱 石
39 40	0622-01 -02	0622-011 -021	砂 利 採 石 砂 利 採 石
41	0629-09	0629-099	そ の 他 の 非 金 属 鉱 物
42	0711-01	0711-011 -012 -013 -014	石 炭 ( 国 産 ) 原 料 炭 ( 輸 入 ) 一般炭 亜炭 無煙炭 ( 国 産 ) 一般炭 亜炭 無煙炭 ( 輸 入 )
43	0721-01	0721-011	原 油
44	0731-01	0731-011	天 然 ガ ス
45	1111-01	-011 -012	と 枝 肉 畜 ( 含 肉 鶏 処 理 ) と 畜 副 産 物 ( 含 肉 鶏 処 理 副 産 物 )
46 47 48 49	1112-01 -02 -03 -04	1112-011 -021 -031 -032 -041 -042	畜 産 び ん 加 工 品 肉 動 物 脂 肪 油 豚 ( 除 別 掲 ) 牛 の 他 の 動 物 脂 肪 農 産 品 酪 乳 用 製 牛 乳 品
50 51 52 53 54 55	1113-01 -02 -03 -04 -05 -09	1113-011 -021 -031 -041 -051 -099	冷 凍 魚 介 類 塩 水 干 び ん かん 製 ね 産 び ん かん 製 魚 の 油 他 の 魚 水 産 食 品 そ の 他 の 魚 水 産 食 品
56 57	1114-01 -02	1114-011 -019 -021 -029	精 糖 の 他 の 精 穀 米 穀 粉 粉 粉 精 糖 の 他 の 精 穀 米 穀 粉 粉 粉
58 59 60 61 62 63 64 65	1115-01 -02 -03 -04 -05 -06 -07	1115-011 -021 -022 -031 -041 -042 -049 -051 -061 -071 -072 -073 -099	め ぱ ン ん 菓 子 類 パ 産 び ん かん 類 菓 農 産 品 糖 糖 ( 国 産 原 料 ) 砂 精 製 糖 糖 ( 輸 入 副 産 物 ) 精 製 糖 糖 ( 輸 入 副 産 物 ) そ の 他 の 糖 糖 ( 輸 入 副 産 物 ) ど う 糖 糖 ( 輸 入 副 産 物 ) 植 食 用 油 油 加 工 油 脂 工 ( 非 食 用 ) 植 食 用 油 油 加 工 油 脂 工 ( 非 食 用 ) 植 食 用 油 油 加 工 油 脂 工 ( 非 食 用 )
66 67 68 69 70	1119-01 -02 -03 -04 -09	1119-011 -012 -021 -031 -041 -099	原 塩 塩 味 塩 料 品 品 品 調 味 塩 味 塩 料 品 品 品 レ 調 味 塩 味 塩 料 品 品 品 冷 凍 他 の 調理 食 料 品 品 品 そ の 他 の 調理 食 料 品 品 品
71 72 73 74 75	1121-01 -02 -03 -04 -09	1121-011 -021 -031 -041 -099	清 加 用 ア ル コ ー 酒 類 ビ 添 用 ア ル コ ー 酒 類 ウ ソ の 他 の アル コ ー 酒 類 ソ の 他 の アル コ ー 酒 類



産業部門コード	列符号	行符号	部 門 名
76 77 78	1129-01 -02 -03	1129-011 -021 -031	茶・コ・ヒ 清涼飲料 製氷
79 80	1131-01 -02	1131-011 -021	飼有機質肥料(除別掲)
81	1141-01	1141-011	たばこ
82 83 84 85 86	1511-01 -02 -03 -04 -09	1511-011 -021 -031 -041 -099	製綿学織維紡績糸 織化の他の紡績糸 毛そ
87 88 89 90	1512-01 -02 -03 -09	1512-011 -021 -031 -091 -099	綿・スフ織物(含合織短織物) 絹・人絹織物(含合織長織物) 毛の他の織物の織物 細の他の織物(除別掲)
91	1513-01	1513-011	ニット製品
92	1514-01	1514-011	染色整理
93 94 95 96 97	1519-01 -02 -03 -04 -09	1519-011 -021 -031 -041 -099	わら・い加工品 ロ・一・ブ・敷 じゅうたん・床敷 衛生の織維材工業製品 その他の織維
98	1521-01	1521-011	衣服
99	1522-01	1522-011	身廻り品
100 101	1529-01 -09	1529-011 -099	製綿・寝具 その他の織維既製品
102 103 104	1611-01 -02 -03	1611-011 -021 -031	製材チッ 合木
105	1619-09	1619-091 -099	その他の木の木製品 建物の他の木製品(除別掲)
106 107 108	1711-01 -02 -03	1711-011 -021 -031	木製家具・装備品 金属製家具・装備品
109	1811-01	1811-011	パルプ
110	1812-01	1812-011	洋紙・和紙
111 112 113	1813-01 -02 -03	1813-011 -021 -031	板段工紙・ボ建設用加工紙 塗工紙
114 115	1821-01 -09	1821-011 -099	段のボの紙製容器 その他の紙
116 117	1829-01 -09	1829-011 -099	セのロパルフ・紙・紙加工品 その他のパルプ
118 119 120	1911-01 -02 -03	1911-011 -021 -031	新印刷・製版・製 印出
121 122 123	2011-01 -02 -03	2011-011 -021 -029 -031	ア・ン・モ・ニ・ア 単窒素の質単肥肥料 素の他の質単肥肥料 複合



産業部門コード	列符号	行符号	部 門 名
124	2021-01	2021-011 -012 -013 -019	ソーダ工業製品 ソーダ工業製品 ソーダ工業製品 ソーダ工業製品
125 126  127 128	2029-01 -02  -03 -09	2029-011 -021 -022 -029 -031 -099	硫酸無機顔料 硫酸無機顔料 硫酸無機顔料 硫酸無機顔料 硫酸無機顔料 硫酸無機顔料
129  130	2031-01  -02	2031-011 -012 -019  -021 -022 -023 -029	石油化学基礎製品 石油化学基礎製品 石油化学基礎製品 石油化学基礎製品 石油化学基礎製品 石油化学基礎製品
131  132	2032-01  -02	2032-011 -012 -013 -014 -015 -016 -019  -021 -022 -023 -024 -029	脂肪酸エステル 脂肪酸エステル 脂肪酸エステル 脂肪酸エステル 脂肪酸エステル 脂肪酸エステル 脂肪酸エステル 脂肪酸エステル 脂肪酸エステル 脂肪酸エステル
133	2033-01	2033-011	合成ゴム
134 135 136 137 138 139	2039-01 -02 -03 -04 -05 -09	2039-011 -021 -031 -041 -051 -099	染料工業製品 染料工業製品 染料工業製品 染料工業製品 染料工業製品 染料工業製品
140 141  142 143	2041-01 -02  -03 -09	2041-011 -021 -022 -023 -024 -025 -031 -099	熱可塑性樹脂 熱可塑性樹脂 熱可塑性樹脂 熱可塑性樹脂 熱可塑性樹脂 熱可塑性樹脂 熱可塑性樹脂 熱可塑性樹脂
144 145	2051-01 -02	2051-011 -021	人絹・繊維
146	2061-01	2061-011	医薬品
147  148	2071-01  -02	2071-011 -012 -021	洗剤・界面活性剤 洗剤・界面活性剤 洗剤・界面活性剤 洗剤・界面活性剤
149 150	2072-01 -02	2072-011 -021	塗料
151	2073-01	2073-011	写真感光材料
152 153 154	2079-01 -02 -09	2079-011 -021  -091 -092 -099	農薬 農薬 農薬 農薬 農薬 農薬







産業部門コード	列符号	行符号	部 門 名
182	2622-01	2622-011 -012	鋼 普 通 鋼 鋼 管 管 特 殊 鋼 鋼 管
183 184	2623-01 -02	2623-011 -021	冷 間 仕 上 鋼 材 め っ き 鋼 材
185  186 187  188 189	2631-01  -02 -03  -04 -09	2631-011 -012 -021  -031 -032 -041 -099	鉄 品 及 び 鉄 鍛 工 品 (鉄) 鋼 シ ャ ー ス リ ッ ト (鉄) の 他 の 鉄 鋼 製 業 品
190 191 192 193  194	2711-01 -02 -03 -04  -09	2711-011 -021 -031  -041 -042 -099	銅 鉛 (含再生) 亜 鉛 (含再生) ア ル ミ ニ ウム 再 生 ア の 非 鉄 金 属 地 金 そ の 他 の
		2712-011	非 鉄 金 属 屑
195	2721-01	2721-011 -012 -013	電 線 ・ ケ ー ブ ル 銅 ア ケ ミ ブ
196 197 198 199 200	2722-01 -02 -03 -04 -09	2722-011 -021 -031 -041 -099	伸 銅 延 製 品 ア ル ミ 圧 鑄 鍛 造 品 非 鉄 金 属 燃 鉄 金 属 製 品 そ の 他 の 非 鉄 金 属 製 品
201	2811-01	2811-011	建 設 用 金 属 製 品
221	2812-01	2812-011	建 築 用 金 属 製 品
203	2891-01	2891-011	ガ ス ・ 石 油 機 器 及 び 暖 房 機 器
204  205 206   207	2899-01  -02 -03   -09	2899-011  -021  -031 -032 -033  -091 -092 -099	ボ リ ン グ ナ ッ ト ・ リ ベ ッ ト 及 び ス ル 製 容 器 及 び 製 缶 板 金 製 品 金 属 工 事 付 属 品 ・ 粉 末 治 金 製 品 配 管 工 具 管 工 事 付 属 品 道 配 粉 末 治 及 び 金 道 属 製 品 刃 物 の 他 の プ レ 金 ス 属 製 品 そ の 他 の 金 属 製 品 (除 別 掲)
208 209	3011-01 -02	3011-011 -021	ボ イ ラ ー ・ タ ー ビ ン 原 動 機
210	3012-01	3012-011	運 搬 機 械
211	3013-01	3013-011	冷 凍 機 ・ 温 湿 調 整 装 置
212 213 214 215	3019-01 -02 -03 -09	3019-011 -021 -031 -091	ボ ン プ 及 び 圧 縮 機 械 ミ シ ン ・ 毛 糸 手 編 機 具 機 械 そ の 他 の 一 般 産 業 機 械 及 び 装 置
216	3021-01	3021-011	鉱 山 ・ 土 木 建 設 機 械
217	3022-01	3022-011	化 学 機 械
218	3023-01	3023-011	産 業 用 ロ ボ ッ ト
219 220	3024-01 -02	3024-011 -021	金 属 工 作 機 械 金 属 加 工 機 械



産業部門コード	列符号	行符号	部 門 名
221 222 223 224	3029-01 -02 -03 -09	3024-011 -021 -031 -091 -092 -093 -094 -095 -099	農 業 機 械 織 維 品 加 工 機 械 食 料 の 他 材 質 特 殊 産 業 機 械 製 の 他 の 材 質 装 本 紙 工 業 機 械 パ ル プ ・ 製 造 本 ・ 紙 工 業 機 械 印 刷 ・ 装 本 ・ 紙 工 業 機 械 プ ラ ス チ ッ ク 加 工 機 械 そ の 他 の 特 殊 産 業 機 械 ( 除 別 掲 )
225 226 227	3031-01 -02 -09	3031-011 -021 -099	金 型 ベ の 他 の ア ー 般 機 械 器 具 及 び 部 品
228	3032-10	3032-101	一 般 機 械 修 理
229	3111-01	3111-011 -012 -013 -019	事 務 用 機 算 電 子 式 卓 上 計 算 複 一 ド プ 写 ロ セ ッ ソ の 他 の 事 務 用 機
230	3112-01	3112-011 -012 -019	サ ー ビ ス 用 機 器 自 動 販 売 機 器 娛 楽 の 他 の サ ー ビ ス 用 機 器
231 232 233 234	3211-01 -02 -03 -09	3211-011 -021 -031 -099	電 気 音 響 機 器 ラ ジ オ ・ テ レ ビ 受 信 機 器 磁 気 録 画 再 生 用 電 気 機 器 そ の 他 の 民 生 用 電 気 機 器
235 236	3311-01 -02	3311-011 -021	電 子 計 算 機 本 体 器 電 子 計 算 機 付 属 機 器
237 238 239	3321-01 -02 -09	3321-011 -021 -099	有 線 電 気 通 信 機 器 無 線 電 気 通 信 機 器 そ の 他 の 電 気 通 信 機 器
240	3331-01	3331-011	電 子 応 用 装 置
241	3341-01	3341-011 -012	半 導 体 素 子 ・ 集 積 回 路 半 導 体 導 積 体 回 路
242 243 244 245	3411-01 -02 -03 -09	3411-011 -012 -021 -031 -099	回 転 電 気 機 械 発 電 機 動 機 械 電 機 閉 制 御 装 置 及 び 配 電 機 械 開 閉 制 御 装 置 送 配 電 機 械 そ の 他 の 産 業 用 電 機 械
246 247 248 249 250 251 252	3421-01 -02 -03 -04 -05 -06 -09	3421-011 -021 -031 -041 -051 -061 -099	電 気 計 測 器 具 電 気 照 明 器 具 電 気 球 器 具 電 配 内 燃 機 関 軽 電 装 機 具 そ の 他 の 機 関 軽 電 装 機 具
253 254 255	3431-01 -02 -09	3431-011 -021 -099	電 気 音 響 子 機 器 部 分 品 電 機 の 他 の 電 子 ・ 通 信 機 器 部 分 品 そ の 属 品
256	3432-10	3432-101	電 気 機 械 修 理
257	3511-01	3511-011	乗 用 車
258	3521-01	3521-011	トラック・バス・その他の自動車
259	3531-01	3531-011	二 輪 自 動 車
260 261 262	3541-01 -02 -03	3541-011 -021 -031	自 動 車 内 燃 機 関 車 部 分 品 自 動 車 用 内 燃 機 関 車 部 分 品 自 動 車 用 内 燃 機 関 車 部 分 品



産業部門コード	列符号	行符号	部 門 名
263	3551-10	3551-101	自動車修理
264 265 266 267	3611-01 -02 -03 -10	3611-011 -021 -031 -101	鋼の他燃の船舶 船舶 燃修 船舶 燃修 船舶 燃修
268 269	3621-01 -10	3621-011 -101	鉄鉄道道車車 道車 道車 道車 道車
270 271	3622-01 -10	3622-011 -101	航航空空機修 空空 空空 空空 空空
272 273  274	3629-01 -09  -10	3629-011  -091 -099 -101	自の他の転輸送機車 そ業他の用運搬車 産の業他の輸送機(除別掲) その他の輸送機修 その他の輸送機修
275 276	3711-01 -09	3711-011 -099	カの他のメ光学機 その他のメ光学機 その他のメ光学機 その他のメ光学機
277	3712-01	3712-011	時計
278 279 280 281	3719-01 -02 -03 -10	3719-011 -021 -031 -101	理化学機械器具 分析器・試験機・計量器・測定 器・療密機・機・械・修 器・療密機・機・械・修 器・療密機・機・械・修 器・療密機・機・械・修
282 283	3911-01 -02	3911-011 -021	玩運動用品
284 285 286 287 288	3919-01 -02 -03 -04 -09	3919-011 -021 -031 -041 -099	楽器・レコード 筆記辺具細文 身武辺具細文 武武辺具細文 その他の製造工業製 その他の製造工業製 その他の製造工業製 その他の製造工業製
289 290	4111-01 -02	4111-011 -021	住宅建築(木造) 住宅建築(木造) 住宅建築(木造) 住宅建築(木造)
291 292	4112-01 -02	4112-011 -021	非住宅建築(木造) 非住宅建築(木造) 非住宅建築(木造) 非住宅建築(木造)
293	4121-01	4121-011	建設補修
294 295 296	4131-01 -02 -03	4131-011 -021 -031	道路・河川・林・関・道・係・公・他・共・公・事・事・業・業 道路・河川・林・関・道・係・公・他・共・公・事・事・業・業 道路・河川・林・関・道・係・公・他・共・公・事・事・業・業 道路・河川・林・関・道・係・公・他・共・公・事・事・業・業
297 298 299 300	4132-01 -02 -03 -09	4132-011 -021 -031 -099	鉄道力軌道道建設 電気力通施信土設木建建 電気力通施信土設木建建 電気力通施信土設木建建 電気力通施信土設木建建
301   302	5111-01 -02 -03 -04	   5111-001 -041	事業用原子力発電 事業用原子力発電 事業用原子力発電 事業用原子力発電
303	5121-01	5121-011	都市ガス
304	5122-01	5122-011	熱供給業
305 306 307	5211-01 -02 -03	5211-011 -021 -031	上水道・簡易水道 上水道・簡易水道 上水道・簡易水道 上水道・簡易水道
308 309	5212-01 -02	5212-011 -021	廃棄物処理(公営) ★★ 廃棄物処理(公営) ★★ 廃棄物処理(公営) ★★ 廃棄物処理(公営) ★★
310	6111-01	6111-011	卸売
311	6112-01	6112-011	小売
312	6211-01	6211-011 -012 -013 -014	金公民民的間金金融融(帰属利子) 金公民民的間金金融融(帰属利子) 金公民民的間金金融融(帰属利子) 金公民民的間金金融融(帰属利子)







産業部門コード	列符号	行符号	部 門 名
354	8212-01P	8212-011P	自 家 教 育
355	8213-01	8213-011	社 会 教 育 (国 公 立) ★ ★
356	-02	-021	社 会 教 育 (非 公 立) ★ ★
357	-03	-031	そ の 他 の 教 育 訓 練 機 関 (国 公 立) ★ ★
358	-04	-041	そ の 他 の 教 育 訓 練 機 関 (産 業)
359	8221-01	8221-011	自 然 科 学 研 究 機 関 (国 公 立) ★ ★
360	-02	-021	人 文 科 学 研 究 機 関 (国 公 立) ★ ★
361	-05	-051	自 然 科 学 研 究 機 関 (産 業)
362	-06	-061	人 文 科 学 研 究 機 関 (産 業)
363	8222-01P	8222-011P	自 家 研 究
364	8311-01	8311-011	医 療 (国 公 立) ★ ★
365	-02	-021	医 療 (非 公 立) ★ ★
366	-03	-031	医 療 (産 業)
367	-04	-041	保 健 衛 生 (国 公 立) ★ ★
368	-05	-051	保 健 衛 生 (非 公 立) ★ ★
369	-06	-061	保 健 衛 生 (産 業)
370	8312-01	8312-011	社 会 保 險 事 業 (国 公 立) ★ ★
371	-02	-021	社 会 保 險 事 業 (非 公 立) ★ ★
372	-03	-031	社 会 保 險 事 業 (国 公 立) ★ ★
373	-04	-041	社 会 保 險 事 業 (非 公 立) ★ ★
374	8411-01	8411-011	対 企 業 民 間 非 営 利 団 体
375	-02	-021	対 家 計 民 間 非 営 利 団 体 (除 別 掲) ★
376	8511-01	8511-011	広 告
377	8512-01	8512-011	情 報 サ ー ビ ス
378	-02	-021	ユ ー ス 供 給 ・ 興 信 所
379	8513-01	8513-011	電 子 計 算 機 ・ 同 関 連 機 器 賃 貸 業
380	-02	-021	電 子 計 算 機 機 器 具 (除 電 算 機 等) 賃 貸 業
381	8514-01	8514-011	貨 自 動 車 業
382	8519-01	8519-011	建 物 サ ー ビ ス
383	-02	-021	法 務 ・ 財 務 ・ 会 計 サ ー ビ ス
384	-03	-031	土 木 建 築 サ ー ビ ス
385	-09	-099	そ の 他 の 対 事 業 所 サ ー ビ ス
386	8611-01	8611-011	映 画 制 作 ・ 配 給 業
387	-02	-021	映 画 場 ・ 画 興 行 業
388	-03	-031	映 画 場 ・ 画 興 行 業
389	-04	-041	映 画 場 ・ 画 興 行 業
390	-05	-051	映 画 場 ・ 画 興 行 業
391	-06	-061	映 画 場 ・ 画 興 行 業
392	-07	-071	映 画 場 ・ 画 興 行 業
393	8612-01	8612-011	一 般 飲 食 店 (除 喫 茶 店) 店 店
394	-02	-021	喫 煙 興 茶 飲 食 店
395	-03	-031	喫 煙 興 茶 飲 食 店
396	8613-01	8613-011	旅 館 ・ そ の 他 の 宿 泊 所
397	8619-01	8619-011	洗 濯 ・ 洗 張 容 場 真 儀 理 業
398	-02	-021	洗 濯 ・ 洗 張 容 場 真 儀 理 業
399	-03	-031	洗 濯 ・ 洗 張 容 場 真 儀 理 業
400	-04	-041	洗 濯 ・ 洗 張 容 場 真 儀 理 業
401	-05	-051	洗 濯 ・ 洗 張 容 場 真 儀 理 業
402	-06	-061	洗 濯 ・ 洗 張 容 場 真 儀 理 業
403	-07	-071	洗 濯 ・ 洗 張 容 場 真 儀 理 業
404	-09	-099	洗 濯 ・ 洗 張 容 場 真 儀 理 業
405	8900-00P	8900-000P	事 務 用 品
406	9000-00	9000-000	分 類 不 明
	9099-00	9099-000	内 生 部 門 計



(注) 1. 基本分類の部門名欄の★印は、活動主体を次のように示す。



### 第3章

#### 事務所建築の建設時の エネルギー消費量、二酸化炭素発生量



### 3 - 1 分析手法概要

事務所建築の建設によって引き起こされる、環境に対する負荷（エネルギー消費量、二酸化炭素排出量）を、産業間で引き起こされる、波及効果分も含めて定量化するために、産業連関表を用いた連関分析手法を用いて解析・定量化した。

本章での特徴は建設段階では、実際の建築見積書の分析から最終需要額を算出し連関分析を行い、5章で行う運用段階の分析では、本章で解析対象とした事務所建築の運用状況調査から使用したエネルギーなど運用管理に関わる最終需要額を定量化し、連関分析を行いエネルギー消費量、二酸化炭素排出量を算出した。

### 3 - 2 対象建物の分析方法

分析の対象とした建物の諸元を表3-1に示す。竣工年は昭和51年から平成元年までであり、建設地域はすべて東京都内である。延べ床面積は、2,000㎡以下が8建物、8,000㎡、20,000㎡規模が各1建物である。

構造はRC造が中心でありRC構造またはRC造とS造の併用構造が計8件となっている。その他の構造としては参考としてSRC造、S造各1件の解析を行っている。

小規模の建物に関しては、8階建ての建物が中心である。Jの建物は地域冷暖房による熱供給を受けている。

本研究では、調査対象建物の建設年が昭和60年代前半のものが多いため、1985年（昭和60年）の産業連関表<sup>1)</sup>を使用した。計算に要した産業部門数は鉄屑、金属屑部門を除いた406部門である。

各建物の建設工事見積書に記される工事費を仮設工事、躯体工事、仕上げ工事、設備工事および諸経費に分類し、図3-1に示す。工事費用は建設物価デフレーター<sup>2)</sup>を用いて、1985年の価格に修正した。建設工事費は延べ床面積当たり、180,000円～290,000円／



㎡の範囲にある。建物Gは仕上げ工事価格が117,000円/㎡と高くこの結果、延べ床面積当たりの建設工事価格が高くなっている。また、建物D、Hは躯体工事が、Dでは79,000円/㎡、Hでは70,000円/㎡と高くこの結果、延べ床面積当たりの建設工事価格が高くなっている。

表 3 - 1 調査建物概要

竣 工 年	延 床 面 積 (㎡)	階 数	構 造	熱 源 仕 様	
A	S51	1,879	F7-B1	RC造	ハ° ッ ケー ジ
B	S54	1,404	F7	RC造	ハ° ッ ケー ジ
C	S61	1,857	F7-B1	RC造	蓄 熱 HP
D	S62	1,340	F7	RC造	ハ° ッ ケー ジ
E	S62	1,328	F7	RC造	ハ° ッ ケー ジ
F	S63	1,253	F7-B1	RC造	マルチ
G	H1	1,291	F7	RC・S造	マルチ
H	H1	1,353	F7	RC・S造	ハ° ッ ケー ジ
I	H1	8,458	F9-B1	SRC造	蓄 熱 HP
J	S62	22,982	F8-B2	S造	地 冷

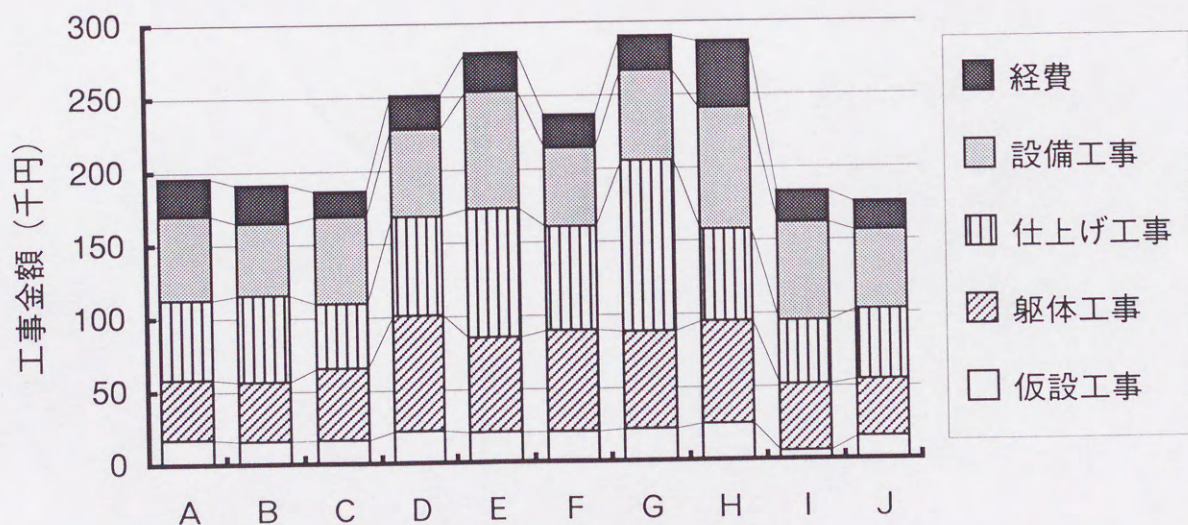


図 3-1 工事項目別の工事金額



### 3 - 3 主要部材使用量

表 3 - 2 に躯体工事の各建物毎の躯体工事での主要資源である鉄（鉄骨、鉄筋）とコンクリートの消費量を平均価格を乗じて金額で示す。見積金額が高い建物 D ~ H は主要資源の消費量も高いことが分かる。建物 C は、建物形状が単純であり、結果として労務費が安くなっている。しかし使用材料は、金額換算で 20,300 円 / m<sup>2</sup> であり平均の 17,800 円 / m<sup>2</sup> を越えている。

表 3 - 2 躯体工事における鉄（鉄鋼、鉄筋）、  
コンクリートの消費量及び消費価格

	コンクリート (m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> )	鉄骨 (kg / m <sup>2</sup> )	鉄筋 (kg / m <sup>2</sup> )	材料費 (円 / m <sup>2</sup> )
A	0.67	0.0	77.7	12,200
B	0.78	4.8	88.1	14,400
C	1.08	0.0	137.4	20,300
D	1.13	0.0	143.6	21,300
E	1.05	0.0	131.6	19,700
F	0.89	0.0	134.3	17,900
G	0.91	46.2	109.5	19,900
H	1.14	14.6	133.2	21,700
I	0.70	67.5	66.4	16,400
J	0.42	117.4	29.2	14,300
平均	0.88	50.1	105.1	17,800



表 3 - 3 では仕上げ工事の工事金額を石・タイル工事、金属製建具工事、P C 版・カーテンウォール工事、その他に分類して示す。仕上げ工事での価格の高い建物 G では圧倒的に P C 版・カーテンウォール工事の金額が大きい。

次に、全建物の見積書より工事項目を抽出した。工事項目は全体で約 280 項目であった。次にこれらの各工事項目毎に単位金額（材料価格と人件費などの付加価値の合計）の投入があった場合の最終需要額を算出した。算出に際しては建設工事標準歩掛かり<sup>3)</sup>などを用いて、各項事項目を材料費と人件費（粗付加価値）に分類した。

さらに材料費を生産者価格に直すため、産業連関表に記載されている平均的な流通マージン及び運送費を減じた。これによって得られた最終需要額を、産業連関表の逆行列に投入し、究極的な国内生産額を求め、これに各種原単位<sup>4)</sup>を乗じてエネルギー消費量、二酸化炭素排出量を算出した。

表 3 - 3 仕上げ工事の工事費

	石・タイル	アルミサッシ	PC版・ カーテンウォール	その他	合計
B	1,500	33,700	0	23,900	59,100
C	3,100	19,200	0	22,200	44,500
D	21,400	19,900	0	26,500	67,800
E	27,800	20,200	0	39,500	87,500
F	12,500	18,400	0	40,000	70,900
G	13,300	18,200	48,900	36,300	116,700
H	30,300	14,800	1,200	16,300	62,600
I	5,400	12,800	6,700	18,800	43,700
J	3,700	18,900	3,300	22,500	48,400



従って単位金額当たりのエネルギー消費量、二酸化炭素排出量を算出したこととなる。この原単位を用いて各建物の該当する工事項目毎にエネルギー消費量、二酸化炭素排出量を求めた。

全工事項目とその施工規模及び本章で用いた分類番号、それぞれの解析結果を表3-4に示す。

例えばコンクリート工事ではコンクリート打設量によって標準歩掛が異なることから表のように16の区分にて原単位化を行っている。大別して捨てコンクリート工事、土間コンクリート工事、躯体コンクリート工事、防水押コンクリートなどであり、それぞれ強度、規模によって使用材料、機材、人件費などが若干異なる。

結果として、躯体コンクリートでは小規模打設工事と大規模工事では約4%のエネルギー消費量の差異が生じた。すなわち、小規模打設工事では人件費の占める割合が若干大きくなり、結果として単位金額当たりのコンクリート使用量が減少し、結果として、エネルギー消費量、二酸化炭素排出量が小さくなっている。



表3-4 工事項目と解析結果（エネルギー、二酸化炭素インテンシティー）

工事項目	分類	小分類	規模	分類番号			国内総 生産額 (円/円)	エネルギー 消費量 (MJ/千円)	二酸化炭素 排出量 (kg/千円)
仮囲い			100m	1	1		1.91	47.69	4.36
工事用道路			100m <sup>2</sup>		2		1.46	44.59	3.15
仮設建物	現場事務所		50m <sup>2</sup>		3		1.42	32.35	2.60
	作業員詰所		50m <sup>2</sup>		4		1.29	28.44	2.32
	倉庫等		100m <sup>2</sup>		5		0.79	17.19	1.41
	仮設トイレ		一箇所		6		1.83	42.53	3.37
	電気設備工事				7		0.94	16.67	1.42
	雑設備工事				8		1.46	24.15	2.01
水盛遣り方	一般		100建m <sup>2</sup>	1	9	1	0.53	10.08	0.37
	小規模、複雑		100建m <sup>2</sup>		2		0.50	9.71	0.35
墨だし、 現寸型枠	一般		100延m <sup>2</sup>		10	1	0.00	0.00	0.00
	小規模、複雑		100延m <sup>2</sup>		2		0.00	0.00	0.00
足場	単管本足場	高さ10m未満	100架m <sup>2</sup>	11	1		1.56	68.93	3.07
		高さ20m未満	〃		2		1.47	65.52	2.93
		高さ20m以上	〃		3		1.39	62.14	2.78
		高さ15m未満	〃		4		1.29	52.66	2.31
		高さ15m以上	〃		5		1.11	52.79	2.39
	単管7'ラケット足場	高さ15m未満	〃		6		1.50	60.13	2.63
	枠組足場	高さ12m未満	〃		7		1.59	78.24	3.56
		高さ22m未満	〃		8		1.66	82.14	3.73
		高さ22m以上	〃		9		1.59	78.50	3.57
			100延m <sup>2</sup>		10		0.68	33.42	1.52
		階高5.0-5.7	100m <sup>2</sup>		11		0.70	26.37	1.14
		階高5.7-7.4	100m <sup>2</sup>		12		0.67	26.15	1.14
	鉄骨足場		水平100m <sup>2</sup>		13		0.61	23.68	1.03
	コンクリート打設用	カーン坂道	100延m <sup>2</sup>		14		1.31	51.69	2.26
		ポンプ車	100延m <sup>2</sup>		15		1.91	83.29	3.71
根切り	つぼ堀、布堀	1m以内砂、砂質土	100m <sup>3</sup>	2	1	1	0.27	11.38	0.46
		2m以内 〃	〃		2		0.37	15.81	0.63
		3m以内 〃	〃		3		0.43	18.17	0.73
		1m以内粘質土、粘性土	〃		4		0.33	13.97	0.56
		2m以内 〃	〃		5		0.39	16.51	0.66
		3m以内 〃	〃		6		0.42	18.15	0.73
		総堀、法付け	3m以内砂、砂質土		7		0.53	23.47	0.94
		4m以内 〃	〃		8		0.53	23.23	0.93
		5m以内 〃	〃		9		0.53	23.47	0.94
		6m以内 〃	〃		10		0.54	23.71	0.95
		7m以内 〃	〃		11		0.54	23.71	0.95
		3m以内粘質土、粘性土	〃		12		0.57	25.34	1.01
		4m以内 〃	〃		13		0.57	25.15	1.00
		5m以内 〃	〃		14		0.57	25.34	1.01
		6m以内 〃	〃		15		0.58	25.50	1.02
		7m以内 〃	〃		16		0.58	25.67	0.71
	総堀、支柱無し	3m以内砂、砂質土	〃		17		0.46	20.64	0.82



		4m以内 "	〃		18	0.46	20.64	0.82
		5m以内 "	〃		19	0.45	20.23	0.81
		6m以内 "	〃		20	0.58	23.73	0.96
		7m以内 "	〃		21	0.67	26.27	1.07
		8m以内 "	〃		22	0.70	28.19	1.15
		9m以内 "	〃		23	0.76	29.11	1.19
		10m以内 "	〃		24	0.80	30.41	1.25
		11m以内 "	〃		25	0.83	31.14	1.28
		12m以内 "	〃		26	0.86	32.05	1.32
		3m以内 砂質土、粘性土	〃		27	0.51	22.79	0.91
		4m以内 "	〃		28	0.51	22.46	0.89
		5m以内 "	〃		29	0.51	22.46	0.89
		6m以内 "	〃		30	0.65	26.23	1.06
		7m以内 "	〃		31	0.71	28.06	1.14
		8m以内 "	〃		32	0.78	30.03	1.23
		9m以内 "	〃		33	0.83	31.62	1.29
		10m以内 "	〃		34	0.86	32.44	1.33
		11m以内 "	〃		35	0.90	33.55	1.38
		12m以内 "	〃		36	0.93	34.73	1.43
	総堀、支柱有	3m以内 砂、砂質土	〃		37	0.45	19.65	0.78
		4m以内 "	〃		38	0.44	19.43	0.78
		5m以内 "	〃		39	0.56	23.73	0.95
		6m以内 "	〃		40	0.64	26.05	1.05
		7m以内 "	〃		41	0.68	27.46	1.11
		8m以内 "	〃		42	0.71	28.67	1.16
		9m以内 "	〃		43	0.74	29.52	1.20
		10m以内 "	〃		44	0.76	30.28	1.23
		11m以内 "	〃		45	0.78	31.01	1.26
		12m以内 "	〃		46	0.80	31.68	1.29
		3m以内 砂質土、粘性土	〃		47	0.50	21.97	0.88
		4m以内 "	〃		48	0.50	21.82	0.87
		5m以内 "	〃		49	0.62	25.94	1.04
		6m以内 "	〃		50	0.68	28.06	1.13
		7m以内 "	〃		51	0.72	29.28	1.18
		8m以内 "	〃		52	0.76	30.70	1.24
		9m以内 "	〃		53	0.79	31.50	1.28
		10m以内 "	〃		54	0.81	32.26	1.31
		11m以内 "	〃		55	0.83	33.11	1.34
		12m以内 "	〃		56	0.85	33.86	1.38
埋め戻し	つぼ堀部	小規模	100m³	3	1	0.12	10.60	0.40
		一般	〃		2	0.11	10.41	0.39
	総堀部		〃		3	0.13	12.32	0.46
残土処分	構外1km	大都市市街地	100m³	4	1	0.79	49.73	1.82
		一般都市市街地	〃		2	0.78	49.45	1.81
		郊外地	〃		3	0.78	48.89	1.79
	構外4km	大都市市街地	100m³		4	0.96	60.27	2.21
		一般都市市街地	〃		5	0.94	59.36	2.17
		郊外地	〃		6	0.93	58.41	2.14
	構外8km	大都市市街地	100m³		7	1.08	67.88	2.48
		一般都市市街地	〃		8	1.06	66.80	2.44



		郊外地	〃			9	1.04	65.70	2.40
	構外10km	大都市市街地	100m <sup>3</sup>			10	1.12	70.32	2.57
		一般都市市街地	〃			11	1.10	69.35	2.54
		郊外地	〃			12	1.08	68.19	2.50
	構外12km	大都市市街地	100m <sup>3</sup>			13	1.15	72.27	2.64
		一般都市市街地	〃			14	1.13	71.32	2.61
		郊外地	〃			15	1.11	70.26	2.57
	構外15km	大都市市街地	100m <sup>3</sup>			16	1.18	74.54	2.73
		一般都市市街地	〃			17	1.17	73.63	2.69
		郊外地	〃			18	1.15	72.61	2.66
碎石地業			100m <sup>3</sup>		5		1.06	33.58	2.36
砂利地業			100m <sup>3</sup>		6		1.11	32.79	2.30
山止め壁（鋼板）			100m		7		1.58	54.64	5.09
きりばり腹起し			100m		8		0.65	12.57	0.95
土工用足場			100架m <sup>2</sup>		9		2.06	50.87	4.62
杭地業	オールシング工法	杭径1500mm、杭長28m、30本		3	1		1.52	49.48	5.67
	アースリール工法	杭径1500mm、杭長28m、30本			2		1.36	72.98	7.29
	埋込杭工法	杭径 400mm、杭長15m、10本			3		1.54	36.43	4.04
コンクリート工事	捨てコンクリート	FC150kg/㎡、S=18	10m <sup>3</sup>	4	1		1.76	64.02	9.08
	土間コンクリート	FC180kg/㎡、S=18	50m <sup>3</sup>		2		1.76	64.07	9.09
	鉄筋コンクリート	FC210kg/㎡、S=18	50m <sup>3</sup>		3		1.78	64.68	9.18
		〃 〃	170m <sup>3</sup>		4		1.85	66.90	9.53
		FC240kg/㎡、S=18	50m <sup>3</sup>		5		1.79	65.01	9.24
		〃 〃	170m <sup>3</sup>		6		1.86	67.20	9.57
	防水押他コンクリート	FC150kg/㎡、S=18	50m		7		1.76	64.02	9.08
		FC180kg/㎡、S=18	〃		8		1.77	64.38	9.14
		FC210kg/㎡、S=18	〃		9		1.78	64.68	9.18
		FC240kg/㎡、S=18	〃		10		1.79	65.01	9.24
型枠工事	普通型枠	柱	100m <sup>2</sup>	4	11	1	0.89	31.85	1.32
		梁	〃			2	0.60	19.92	0.82
		壁	〃			3	0.82	31.70	1.35
		床	〃			4	0.34	9.31	0.37
		一般ラーメン構造	〃			5	0.69	25.59	1.08
		壁構造	〃			6	0.70	26.07	1.10
	打放し型枠	柱	100m <sup>2</sup>		12	1	2.30	89.26	3.71
		梁	〃			2	0.63	22.63	0.94
		壁	〃			3	0.55	22.21	0.94
		床	〃			4	0.32	8.78	0.35
		一般ラーメン構造	〃			5	0.74	28.94	1.22
		壁構造	〃			6	0.75	29.32	1.23
	化粧打放し型枠	柱	100m <sup>2</sup>		13	1	0.79	20.72	0.82
		梁	〃			2	0.68	17.58	0.70
		壁	〃			3	0.89	24.50	0.98
		天井	〃			4	0.57	11.14	0.42
		一般	〃			5	0.72	19.06	0.76
	その他の型枠	木造用簡易型枠	100m <sup>2</sup>			6	0.70	15.45	0.57
		外構用擁壁	〃			7	0.79	29.62	1.25
		角型枠	〃			8	0.68	19.19	0.75
	打放し型枠	曲面	100m <sup>2</sup>		14		0.68	10.34	0.82
	目地型枠		100m <sup>2</sup>		15		0.34	5.57	0.42



	止水板		100m <sup>2</sup>		16		1.06	26.06	2.20
	コンクリート足場		床100m <sup>2</sup>		17		1.92	47.39	4.31
鉄筋工事	圧接	D19+D19	一箇所	5	1		0.16	8.78	0.66
		D22+D22	〃		2		0.17	9.60	0.72
		D25+D25	〃		3		0.18	10.21	0.77
		D29+D29	〃		4		1.08	61.28	4.61
	梁貫通補強筋		10t		5		0.09	3.65	0.41
	ワイヤーメッシュ		100m <sup>2</sup>		6		0.17	4.17	0.37
	組み立て用足場		床100m <sup>2</sup>		7		0.83	10.42	0.80
鉄骨工事	副資材		鉄骨100t	6	1		2.18	122.05	9.37
	工場加工		〃		2		2.25	106.45	8.60
	現場組み立て		〃		3		0.01	0.24	0.02
	現場溶接		〃		4		0.20	7.70	0.66
	錆び止め		〃		5		0.22	4.50	0.35
	建て方用タラップ				6		0.34	13.25	1.23
	アンカーボルト埋め込み				7		0.03	0.80	0.07
	ベースモルタル				8		0.14	13.78	1.33
組積工事	コンクリートブロック積み	厚さ100mm	10m <sup>2</sup>	8	1		0.77	33.73	3.69
		厚さ150mm	〃		2		0.72	34.29	3.66
	防水押煉瓦積み		10m <sup>2</sup>		3		0.98	47.21	3.52
	間仕切コンクリートブロック積	片面化粧厚100mm	10m <sup>2</sup>		4		0.70	30.83	3.37
		両面化粧厚100mm	〃		5		0.65	28.39	3.10
防水工事	アスファルト工事	A-PF保護仕上層有	10m <sup>2</sup>	9	1		0.71	207.62	14.52
		A-LS保護仕上層無	〃		2		0.72	191.24	13.38
		A-TF保護仕上層無	〃		3		0.63	169.70	11.87
		H=60	10m		4		0.84	221.32	15.48
		H=120	〃		5		0.90	244.91	17.13
	打設目地	シリコン、ウレタン、	10m		6		0.86	14.18	1.06
	亀裂誘発目地	ポリサルファイト系	〃		7		0.86	14.18	1.06
	塗布防水		10m <sup>2</sup>		8		0.67	196.80	13.76
	取り合いシーリング		10m		9		1.01	16.57	1.23
	シーリング		10m		10		0.86	14.18	1.06
石工事	壁御影石張	平面	10m <sup>2</sup>	10	1		1.40	64.10	4.64
		曲面	10m <sup>2</sup>		2		1.40	63.63	4.58
	定礎版		一箇所		3		1.82	85.98	6.33
	床テラゾブロック		10m <sup>2</sup>		4		1.32	60.47	4.36
	壁二丁掛タイル張		100m <sup>2</sup>	11	1		0.63	18.57	1.36
タイル工事		屏風掛け	10m		2		0.70	19.63	1.40
	ハスリップタイル張り		10m		3		0.32	9.05	0.65
	100角磁器	(床)	100m <sup>2</sup>		4		0.63	18.09	1.31
	150角磁器	(床)	100m <sup>2</sup>		5		0.72	20.54	1.48
	小口タイル	(壁)	100m <sup>2</sup>		6		0.65	18.88	1.37
		90° 曲げ	10m		7		0.60	16.98	1.22
	二丁掛タイル張り	標準曲げ	10m		8		0.85	23.99	1.72
	吹付けタイル		100m <sup>2</sup>	12	1		1.26	23.98	1.88
	防水モルタル金ゴテ	(巾木) H100	10m		2		0.12	4.82	0.43
	防水コンクリート金ゴテ	(巾木) H150	10m		3		0.12	6.19	0.55
左官工事	コンクリート面金ゴテ				4		0.78	15.28	1.20
	防水モルタル金ゴテ	W=100	10m		5		0.07	3.98	0.37
	排水溝モルタル金ゴテ	W=150	10m		6		0.12	6.19	0.55



	防水モルタル金ゴテ	立上がり H=300	1m		7		0.14	8.79	0.82
	笠木コンクリート面金ゴテ	W=150 H=150	10m		8		1.06	17.43	1.30
	取合シーリング		10m		9		0.39	6.32	0.47
	アクリルリシン吹付		1m <sup>2</sup>		10		0.61	11.51	0.90
	モルタル詰め		一ヶ所		11		0.36	14.97	1.33
	防塵塗装		100m <sup>2</sup>		12		0.15	2.84	0.22
	下地モルタル		1m <sup>2</sup>		13		0.34	28.11	2.65
塗装工事	下地揃え	木部	100m <sup>2</sup>	13	1		0.83	16.29	1.27
		コンクリート打放面	〃		2		0.24	4.71	0.37
		モルタル・ラスターボード面	〃		3		0.27	5.22	0.41
		石膏ボードその他	〃		4		0.39	7.57	0.59
	錆止め塗装	鉄部（工場吹付）	〃		5		0.37	6.98	0.55
		鉄部（現場吹付）	〃		6		0.20	3.77	0.29
		鋼製建具面	〃		7		0.30	5.71	0.45
	合成樹脂	木部	〃		8		0.25	4.75	0.37
	調合ペイント	鋼製建具面	〃		9		0.42	8.11	0.63
	（SOP）	鉄面	〃		10		0.29	5.68	0.44
	オイルステン（OS）		〃		11		0.05	1.01	0.08
	塩化ビニル コンクリートモルタルボード面（3回）		〃		12		0.45	8.68	0.68
	（アクリル）	（2回）	〃		13		0.48	9.26	0.72
	クリアラッカー塗	木部（5回）	〃		14		1.24	24.62	1.92
		木部（3回）	〃		15		0.27	5.25	0.41
金属工事	ルーフドレイン		一箇所	14	1		0.91	44.85	4.17
	飾り桷		一箇所		2		0.28	20.97	1.53
	竖樋	Φ75	100m		3		0.72	12.28	0.93
		Φ100	100m		4		0.95	16.08	1.21
	養生管		一箇所		5		1.72	28.25	2.11
	手すり		10m		6		1.03	20.53	1.74
	片開き扉		一箇所		7		1.26	26.48	2.22
	丸環		〃		8		0.32	7.64	0.65
	梯子		〃		9		0.48	11.67	0.98
	底		〃		10		1.72	35.62	2.97
	バルコニー手すり		1m		11		0.70	16.88	1.37
	点検口		一箇所		12		1.61	39.45	3.33
	面格子		一箇所		13		0.16	9.52	0.93
	軽量鉄骨下地組		100m <sup>2</sup>		14		1.48	72.30	6.90
	見切り縁		100m		15		0.63	15.54	1.31
	排水溝		10m		16		1.28	45.89	5.53
	エキパンジョイント		10m		17		0.95	23.42	1.98
	ワイヤーメッシュ敷き		100m <sup>2</sup>		18		0.77	18.86	1.59
	水抜きパイプ		一箇所		19		0.50	16.13	1.39
	メタルラス張		100m <sup>2</sup>		20		0.36	40.98	2.95
	水切り		100m		21		1.47	31.25	2.61
	軽量鉄骨下地組（天井）		100m <sup>2</sup>		22		1.14	28.61	2.44
	点検口（天井）		一箇所		23		1.08	26.42	2.23
	カーテンレール		100m		24		1.85	45.55	3.85
	軽量鉄骨開口補強		一箇所		25		1.17	73.08	7.12
	金属パネル張り		10m <sup>2</sup>		26		1.94	47.32	4.09
	天井周り縁		10m		27		1.10	22.36	1.86
	ノンスリップ		10m		28		1.78	43.72	3.70



	化粧マンホール	一箇所		29		1.57	49.85	6.05
	電気室配線ピット	10m		30		1.53	37.49	3.17
	幅木	10m		31		0.16	3.86	0.33
	額縁	10m		32		0.34	8.42	0.71
	ブラインドボックス	10m		33		1.79	36.59	3.05
木工事	間仕切り軸組み	100m <sup>2</sup>	15	1		0.78	8.93	0.66
	額縁	10m		2		0.40	3.52	0.25
	見切り縁	10m		3		0.11	1.05	0.08
	三方枠	一箇所		4		0.23	2.21	0.16
	出窓甲板	1m		5		0.56	6.42	0.47
	カーテンボックス	1m		6		1.10	9.81	0.71
内装工事	ロックウール吸音板張り（天井）	100m <sup>2</sup>	16	1		0.72	29.63	2.40
	石綿セメント珪藻板張り（天井）	〃		2		0.62	11.42	0.84
	石膏ボード（天井）	〃		3		0.51	16.41	2.01
	クロス張り（天井）	〃		4		0.98	17.98	1.32
	ビニルタイル張り（床）	〃		5		1.52	30.56	2.99
	タイルカーペット張り（床）	〃		6		1.83	31.72	2.57
	長尺ビニルシート張り（床）	〃		7		1.40	27.14	2.13
	木質系床板張り（床）	〃		8		1.49	19.99	1.79
	カーペット敷き（床）	〃		9		1.31	26.17	2.68
	畳（床）	10m		10		1.15	18.03	1.79
	ビニルクロス張り（壁）	100m <sup>2</sup>		11		0.97	15.86	0.26
	耐水石膏ボード張り（壁）	〃		12		0.35	11.17	1.37
	ビニル幅木	〃		13		1.68	27.51	2.05
	発泡ウレタン吹き付け	〃		14		1.36	25.84	2.02
	グラスウール打ち込み	〃		15		0.99	38.28	3.64
雑工事	基礎	一箇所	17	1		1.13	25.28	2.88
	ブーススクリーン	〃		2		2.06	25.24	1.90
	洗面所	〃		3		1.64	45.13	3.20
	表示版	〃		4		0.59	14.43	1.22
	室内札	〃		5		1.80	44.17	3.73
	総合案内板	〃		6		2.23	36.63	2.73
	揭示板	〃		7		2.16	35.51	2.64
	館名板	〃		8		1.99	40.35	3.36
	アコーディオンドア	〃		9		1.18	12.92	0.97
	スペースライン（外構）	10m		10		2.08	38.94	3.06
	ナンバー（外構）	一箇所		11		2.07	39.58	3.09
	設備機器スリーブ	一箇所		12		1.68	37.48	3.13
	植え込み縁	一式		13		0.81	31.70	2.90
	緑石コンクリート	10箇所		14		0.79	37.23	3.80



### 3 - 4 究極的国内生産額

前述の原単位として作成した各工事項目毎の単位金額当たりの国内生産額に見積金額を乗じて、究極的な国内生産額を算出した。建設時の国内生産額について図3-2に示す。

建設時に関して、建物G、Hの仕上げ工事が大きいのはカーテンウォール工事と金属製建具工事、及び石工事の影響である。B、Cの躯体工事が比較的小さいのは、土木工事や杭地業工事等の基礎部分に関する工事量が、他の建物と比べて、小さかったためである。国内生産額の平均は約342,000円/m<sup>2</sup>であった。また最小のものでは255,000円/m<sup>2</sup>、最大で511,000円/m<sup>2</sup>であり、最小と最大では約2倍の開きがあった。

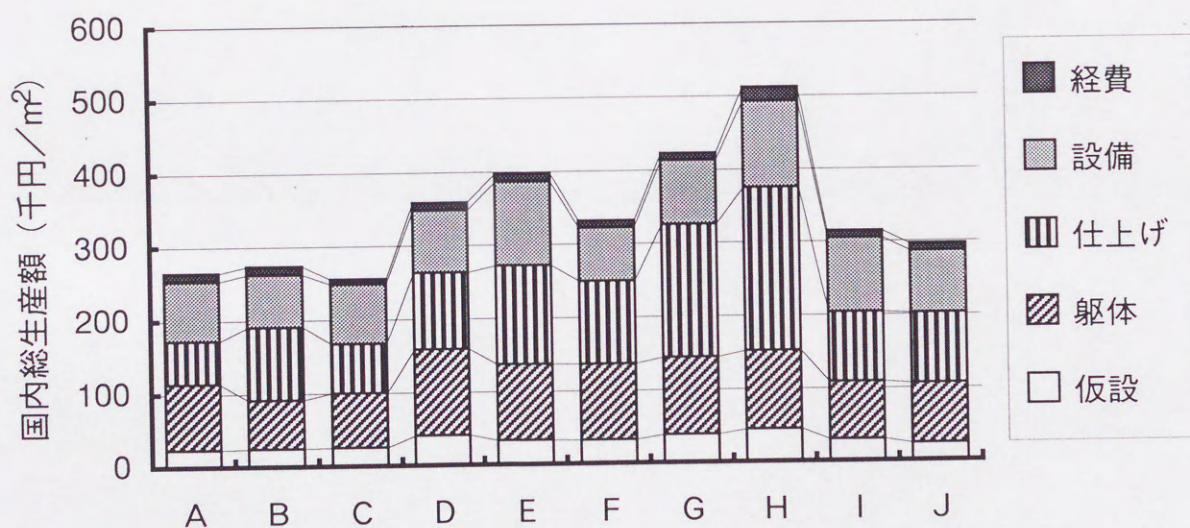


図3-2 単位床面積当りの国内総生産額



### 3-5 エネルギー消費量

エネルギー消費量の算出結果を図3-3に示す。建設時に関して、建物G、Hの仕上げ工事が大きな値となっているのは、カーテンウォール工事によるものであり、エネルギー消費量は、建物Gでは4,972MJ/m<sup>2</sup>、建物Hでは5,72MJ/m<sup>2</sup>で、工事全体の約29%を占めている。建物Gの仕上げ工事に関しては、石工事がその他の平均と比べて約8倍、金属製建具工事がその他の平均の約3倍であった。建物A、Bのエネルギー消費量が他の物件と比べて小さいのは、躯体工事の土工事や杭地業工事等の基礎部分の投入金額及び資源使用量が小さかったことと、仕上げ工事のタイル工事、石工事、組積工事、及び内装工事等の装飾に関する工事のエネルギー消費量が、他の物件の平均よりも小さかったためである。全体の平均は約8,950MJ/m<sup>2</sup>で、既往の研究<sup>5)</sup>による値、10,465MJ/m<sup>2</sup>よりも若干小さい値であった。

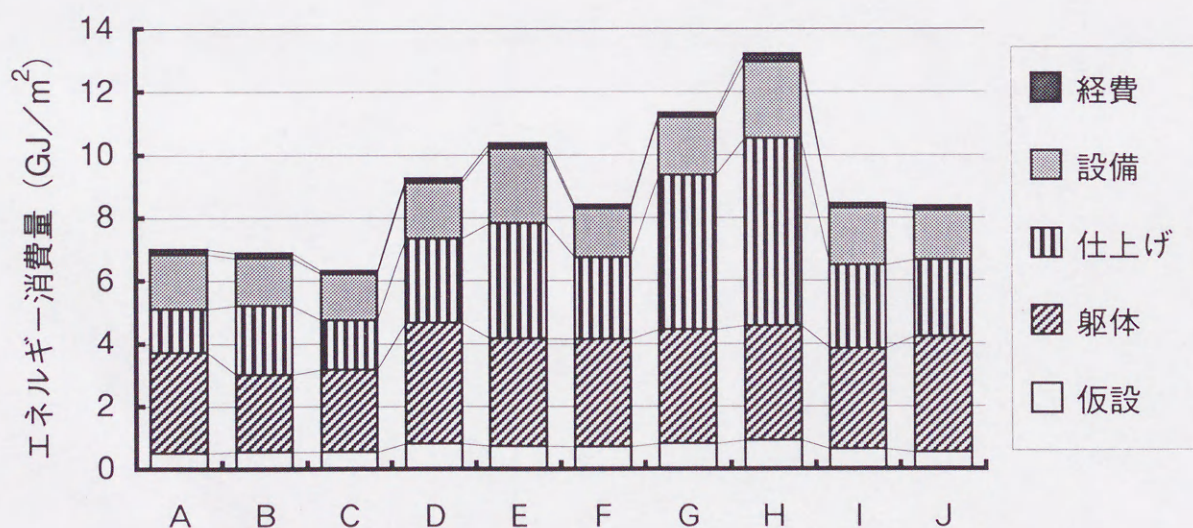


図3-3 単位床面積当りのエネルギー消費量



### 3 - 6 二酸化炭素排出量

次に二酸化炭素排出量の算出結果を図3-4に示す。傾向はエネルギー消費量と同様であり、Hのカーテンウォール工事の二酸化炭素排出量が約 $350\text{ kg/m}^2$ で、全体の27%を占めている。Gの石工事は、工事全体の10%、金属製建具工事は、工事全体の11%であった。全物件の平均では $790\text{ kg/m}^2$ で、竹林らの研究<sup>5)</sup>の約 $1,000\text{ kg/m}^2$ と酒井らの研究<sup>6)</sup>でのRC造のケース( $565\text{ kg/m}^2$ )のほぼ中間に当たる数値であった。

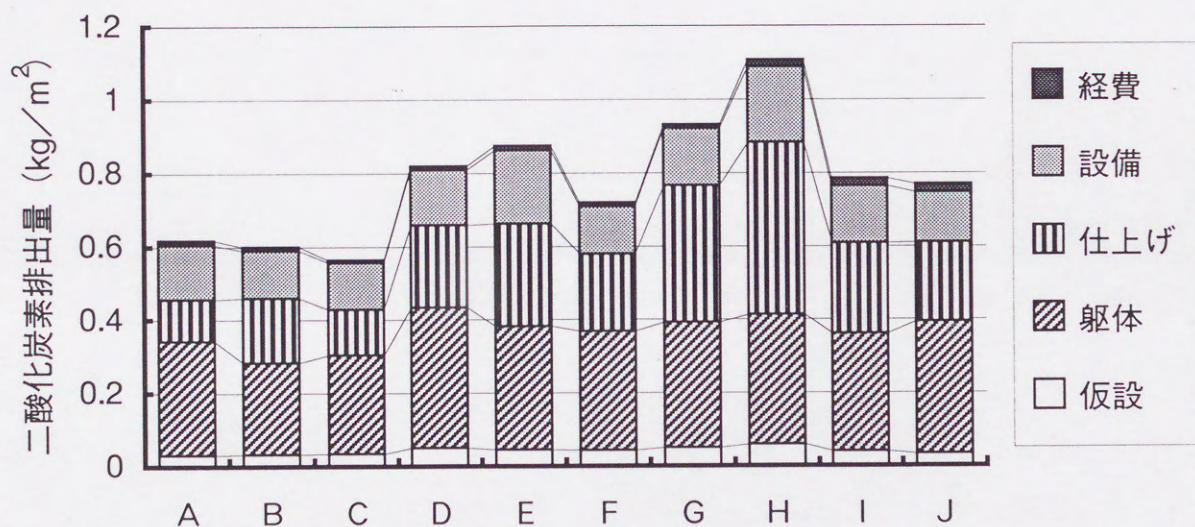


図3-4 単位床面積当りの二酸化炭素排出量



### 3 - 7 インテンシティー

表 3 - 5 に各工事項目毎のエネルギー消費量のインテンシティー（単位投入金額当たりのエネルギー消費量原単位）を示す。工事全体のインテンシティーでは 34 MJ/¥1,000～48 MJ/¥1,000までの開きがある。平均では 39.4 MJ/¥1,000であった。エネルギーインテンシティーを各工事項目毎に見ていくと、10建物平均で躯体工事は最も高く 61.33 MJ/¥1,000であり、これはコンクリート及び鉄の使用に伴うものが主と考えられる。経費のインテンシティーは平均で 5.95 MJ/¥1,000であり、他の工事項目と比較すると、かなり低い値となっている。これは経費は、人件費など付加価値部分の割合がかなり高いためである。表 3 - 6 に二酸化炭素排出量のインテンシティーを示す。工事全体のインテンシティーでは 3.03g/¥1,000～4.37g/¥1,000までの開きがある。平均では 3.55g/¥1,000であった。



表3-5 エネルギー消費量のインテンシティー

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	平均
仮設	30.38	35.65	34.34	37.59	35.32	34.83	36.85	36.52	108.87	34.41	42.47
躯体	77.36	60.02	53.06	48.50	52.79	49.57	54.50	51.93	70.75	94.85	61.33
仕上げ	25.37	37.18	35.36	39.66	42.02	36.63	42.20	95.36	60.80	50.70	46.53
設備	30.39	30.65	25.13	29.78	29.68	28.76	29.95	29.14	27.13	29.05	28.97
経費	5.86	5.88	5.87	5.88	5.86	5.86	5.79	5.87	5.87	6.76	5.95
工事全体	35.71	36.01	33.93	36.81	37.07	35.53	39.07	46.13	46.08	47.61	39.40

表3-6 二酸化炭素排出量のインテンシティー

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	平均
仮設	1.84	2.12	2.11	2.30	2.19	2.10	2.35	2.37	6.96	2.19	2.65
躯体	7.54	6.16	5.51	4.85	5.19	4.71	5.13	5.07	7.08	9.28	6.05
仕上げ	2.09	2.98	2.81	3.32	3.18	2.95	3.20	7.51	5.65	4.47	3.82
設備	2.59	2.60	2.15	2.52	2.51	2.44	2.53	2.47	2.31	2.50	2.46
経費	0.43	0.43	0.46	0.43	0.45	0.44	0.42	0.44	0.95	1.14	0.56
工事全体	3.15	3.15	3.03	3.26	3.12	3.04	3.21	3.88	4.28	4.37	3.55



### 3 - 8 ま と め

事務所ビル10建物（RC造8件；参考としてSRC造1件、S造1件）に関して、建設時の産業関連分析を行い、エネルギー消費量、二酸化炭素発生量を算出した。解析に際しては工事項目285項目それぞれに対し単位金額当たりのエネルギー消費量、二酸化炭素発生量を予め求めておき（原単位化しておき）それぞれの工事金額を乗じる方法を採用した。

1) 建設時の国内生産額の平均は約311,000円/㎡であり、最小のものでは255,000円/㎡、最大で511,000円/㎡であり、最小と最大では約2倍の開きがあった。

2) エネルギー消費量の平均は約8,950MJ/㎡であった。また仕上げ工事の仕様の違いによる発生量の差が顕著であった。

3) 二酸化炭素排出量の平均は、約790kg/㎡であった。これは竹林らの研究<sup>5)</sup>の約1,000kg/㎡と酒井らの研究<sup>6)</sup>でのRC造のケース(565kg/㎡)のほぼ中間値であった。

4) 工事全体のエネルギーインテンシティーでは平均で、39.4 MJ/¥1,000であった。二酸化炭素排出量のインテンシティー平均では3.55g/¥1,000であった。

### [ 3 章 : 参 考 文 献 ]

- 1) 通商産業調査会：昭和60年産業連関表，磁気テープ，平成元年
- 2) 財団法人 建設物価調査会：建設統計要覧，昭和60年版，平成元年版，平成6年版
- 3) (財) 建設物価調査会：建設工事標準歩掛，第27版，昭和61年



- 4) 石油産業活性化センター：炭酸ガス温室効果と我が国石油産業の対応に関する調査報告書，平成元年
- 5) 竹林芳久、岡 建雄 他：産業連関表による建築物の評価，その2．事務所建築の建設による環境への影響，日本建築学会計画系論文報告集，第431号，pp.31～38，
- 6) 酒井寛二、漆崎昇：建設業の資源消費解析と環境負荷の推定，環境情報工学Vol.21、No.2、pp.130～135、1992年
- 7) (社) 建築業協会 地球環境問題専門委員会：我が国における建築物の建設に係わる資源消費と関連する影響要因の実態1991.6
- 8) 大蔵省印刷局：有価証券報告書総覧，清水建設，昭和61年3月
- 9) 建設工業経営研究会：建設工事原価分析情報，大成出版，昭和62年7月
- 10) (財) 建設物価調査会：標準工事歩掛要覧，改訂7版，平成5年
- 11) (財) 経済調査会：建築工事の積算，平成4年11月
- 12) 財団法人 経済調査会：建築設備工事の積算，平成4年9月



## 第4章

### 住宅の建設時の エネルギー消費量、二酸化炭素排出量



#### 4 - 1 分析手法

各産業分野は、相互に取引関係を結びながら生産活動を行い、最終部門に対し財貨・サービスを供給しており、ある産業部門に対する需要は全産業部門に波及していく。

各種の住宅建設によって引き起こされる環境に対する負荷（エネルギー消費、二酸化炭素排出）を定量化するためには、経済波及効果をふくめた究極的な需要額や究極的に消費される各種資源量などを求める必要があるとの考えに基づき、本章でも産業連関分析手法を用いた。

産業連関分析とは、見積書金額を材料・人件費等の付加価値に分類し、材料金額から商業マージン、運送費を差し引いた生産者価格をそれぞれ産業連関表の分類にあてはめ、産業連関表の逆行列を乗じて究極的な国内総生産額を算出する。これを物量に換算した上でエネルギー消費量原単位、CO<sub>2</sub>発生原単位を乗じて、エネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量を求めていく手法であり、経済波及効果が加味されているものである。

ここでの分析上の特徴は各種構造の住宅建築を対象として、標準歩掛りを用い見積書の各項目を部材価格、人件費に分類し、産業連関表の産業分類にあてはめて解析した点である。この際、見積書から得られた部材価格を国内平均価格に修正して産業連関分析を行った。これによって同一部材での価格差に起因する分析誤差を少なくしている。さらに、粗付加価値のうち固定資本形成のために生じるエネルギー消費、CO<sub>2</sub>排出量も算出した。

#### 4 - 2 対象建物・建設費用の分析方法

分析対象は、表4-1に示す8建物であり、SRC造集合住宅2件、木造2×4工法戸建住宅2件、木造在来工法戸建住宅2件、軽量鉄骨系プレハブ戸建住宅2件である。



表4-1 対象建物一覧表

構法	集合住宅		戸建住宅					
	SRC造		2×4工法		在来工法		軽量鉄骨	
	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2
延面積(m <sup>2</sup> )	10339.0	5424.5	119.1	134.3	139.5	119.6	138.1	155.3
階数	20階B1	1 2階	2階	2階	2階	2階	2階	2階

集合住宅のNO.1は郊外型の高層住宅であり、NO.2は、都市型の一部業務商業施設との併合型である。戸建住宅は、軽量鉄骨のNO.2を除き一般的規模である延床面積約120m<sup>2</sup>～140m<sup>2</sup>の範囲で選定した。各住戸の建設地は関東である。

これらの見積書の各工事項目を材料・人件費に分類した。材料・人件費が一式として計上されているものに関しては、建設工事標準歩掛<sup>1)</sup>を用いて仕分した。

さらに集合住宅の一般管理費・現場管理費については、当該建設会社の有価証券報告書<sup>2)</sup>での比率、建築工事原価分析情報<sup>3)</sup>の割合を用いてそれぞれ仕分けした。

一般管理費と現場経費は一般的に見積書では一括計上されている。一般管理費については、有価証券報告書の記載割合に従って分類した。

その内容は、広告宣伝費、厚生年金費、法定福利費、旅費交通費、賃借料、光熱水費、消耗品費、実験研究・教育費、調査費、保険費、通信費、雑費、修繕費、運送費、保管費及び人件費等である。

現場管理費については、文献9)の割合を用いて分類した。

その内容は、労務管理費、租税公課費、設計費、保険料、法定福



利費、事務用品費、通信交通費、補償費、雑費、出張所等経費配賦額及び人件費等である。

戸建住宅の一般管理費・現場管理費に関しては一般的に見積書に計上されていないため、住宅メーカー大手4社の平均的な割合を有価証券報告書<sup>4)</sup>、<sup>5)</sup>、<sup>6)</sup>、<sup>7)</sup>から計算し、これを計上した。

一般管理費の内訳については大手4社の平均的な割合を用いて分類し、工事管理費については、建築工事原価分析情報の割合を利用した。

工事金額については、竣工年によって若干の差異が生じるためデフレータ<sup>8)</sup>を用いて、昭和60年産業連関表に対応するよう変換した。分類・仕訳した一般管理費、現場経費を表4-2(1)、(2)、(3)に示した。



表 4 - 2 ( 1 ) 集合住宅の一般管理費の内訳

	比 率	産業連関表 対 応 番 号
役 員 報 酬 社 員 給 料 退 職 金 退 職 給 与 引 当 金 法 定 福 利 福 利 厚 生 費	3 3 . 3	粗付加価値
原 価 償 却 費 租 税 公 課 事 業 税 等 保 険 料 費 雑 費	1 3 . 7	
営 業 利 益	3 3 . 0	
交 際 費	1 . 3	
寄 付 金	0 . 4	
研 究 開 発 費	1 0 . 4	3 6 3
修 繕 維 持 費	0 . 2	3 8 5
事 務 用 品 費	0 . 7	4 0 5
通 信 交 通 費	3 . 4	3 4 0
動 力 用 水 光 熱 費	0 . 4	3 0 1
地 代 家 賃	2 . 2	3 1 6
広 告 宣 伝 費	0 . 9	3 7 6

有価証券報告書（建設会社）



表4-2(2) 戸建住宅の一般管理費の内訳

	比 率	産業連関表 対 応 番 号
広 告 宣 伝 費	10.6	376
販 売 促 進 費	4.1	—
取 り 扱 い 手 数 料	5.5	—
貸 倒 引 当 金 繰 入	0.4	—
役 員 報 酬	0.4	—
従 業 員 給 料	20.6	—
従 業 員 賞 与	6.4	—
従 業 員 退 職 金	1.1	—
厚 生 年 金	0.4	370
法 定 福 利	2.3	372
厚 生 費	1.5	—
旅 費 交 通 費	4.0	340
賃 借 料	2.7	316
光 熱 費	0.8	301
減 価 償 却 費	1.3	—
消 耗 品	2.3	405
試 験 研 究 ・ 教 育	0.6	363
調 査	0.1	363
保 険	0.4	314
租 税 課 金	1.2	—
事 業 費	2.6	—
通 信 費	0.8	340
交 際 費	1.1	—
商 標 使 用 料	0.1	—
雑 費	3.2	405
修 繕 費	0.2	385
運 送	1.2	323
保 管	0.4	331
利 益	23.7	—

有価証券報告書（住宅メーカー4社平均）



表4-2(3) 集合住宅・戸建住宅の現場経費の内訳

	比 率	産業連関表 対 応 番 号
労 務 管 理 費	2.38	—
租 税 公 課	0.84	—
設 計 費	13.52	—
保 険 料	4.99	314
従 業 員 給 与 手 当	40.91	粗付加価値
退 職 金	3.44	粗付加価値
法 定 福 利 費	6.73	—
福 利 厚 生 費	1.38	—
事 務 用 品 費	2.63	405
通 信 交 通 費	3.71	340
交 際 費	2.56	粗付加価値
補 償 費	2.56	293
雑 費	11.83	405
出張費等・経費配賦額	3.48	316

## 4-3 主要部材使用量

表4-3に、各建物の構造、仕上げ工事に用いられている主要部材量（木材、コンクリート、鉄、アルミ、ガラス等）を示す。  
見積書の記載数量は、一般に歩留まりを考慮した数値であるため、  
本表に用いられている主要部材量は歩留まり量が加味されている。  
図面から数量を算出した項目については参考文献<sup>1)</sup>記載の歩留まり  
量を加算してある。

集合住宅でのコンクリート、鋼材の使用量は大きいですが、集合住宅  
2件のなかでも、これらの使用量に差が生じている。この原因は、  
集合住宅-2は建築面積が1,257㎡に対して基準階（6～10階）床  
面積が269㎡であり、低層部分の面積が大きいことによる。

木造系戸建住宅の製材と合板を合わせた木材使用量は、単位延床  
面積当たり 約 0.22～0.25 m<sup>3</sup>の範囲になっており、他の報告<sup>9)</sup>と  
一致している。



表4-3 単位面積当たりの主要部材量

	集合-1	集合-2	2x4-1	2x4-2	在来-1	在来-2	軽鉄-1	軽鉄-2
製材(m <sup>3</sup> )	0.001	0.011	0.139	0.143	0.164	0.187	0.076	0.072
合板(m <sup>3</sup> )	0.036	0.047	0.095	0.069	0.085	0.033	0.014	0.014
コンクリート(m <sup>3</sup> )	0.790	1.390	0.104	0.162	0.151	0.090	0.133	0.160
鉄鋼(kg)	181.1	297.0	3.11	3.72	5.02	4.15	62.62	48.26
アルミ(kg)	1.39	0.63	2.00	1.24	1.09	1.08	1.55	3.00
(内、窓サッシ分)	0.50	0.60	1.26	0.99	1.09	1.08	1.06	1.03
ガラス(kg)	4.58	2.00	2.88	2.80	2.19	2.69	3.60	3.65
陶磁器類(kg)	2.00	11.38	1.87	3.70	4.44	2.02	4.22	3.43
(内、衛生陶器)	0.49	0.34	0.75	0.74	0.71	0.83	0.72	0.64

産業連関基本表は、生産者価格で表現されている。ある産業への金額の投入は、平均的な材料単価にて資材を購入したこととなる。このため、購入した資材が平均的な価格とかけ離れている場合は、分析に誤差が生じる(注1)。この誤差を極力小さくするため、主要部材に関しては、図面と見積書をもとに主要部材量を算定し、これをもとに、産業連関表(物量表)の平均的な部材単価から主要部材の価格を計算した。この結果を用いて、見積書の該当部分の金額を修正した。この修正された金額を用いて分析を行った。

エネルギー消費量やCO<sub>2</sub>排出量との関係を明らかにするために、見積書金額を材料、人件費に分類し、さらに主要部材については上記手法によって金額の修正を行い、人件費と材料金額を分離したものを工事項目別に図4-1(a)、(b)に示す。

集合住宅-2の構造工事の材料金額が大きい理由は、低層部分が高層部分に対して大きいためである。戸建住宅では、相対的に木造戸建住宅(在来工法、2×4工法)の建設工事費が安価であり、軽量鉄骨系プレハブ工法が木造住宅より33%程度高くなっている。



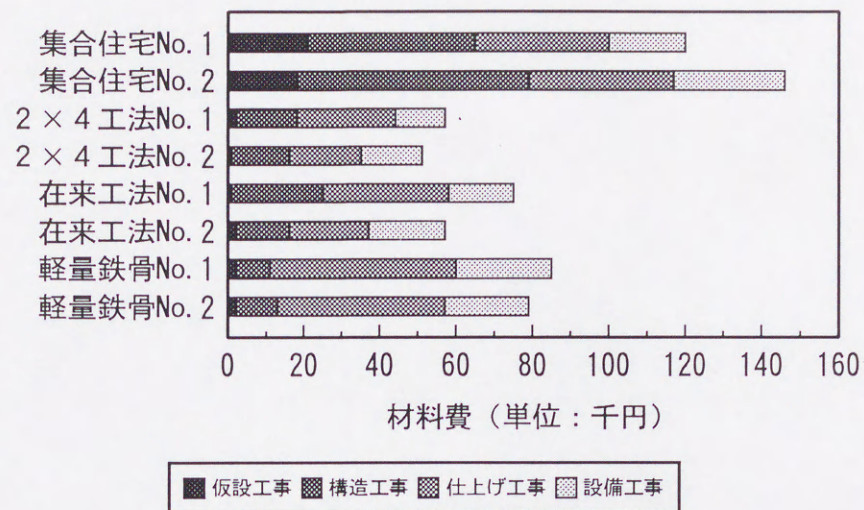


図4-1 (a) 単位面積当たりの工事項目別材料費用  
(材料ベース)

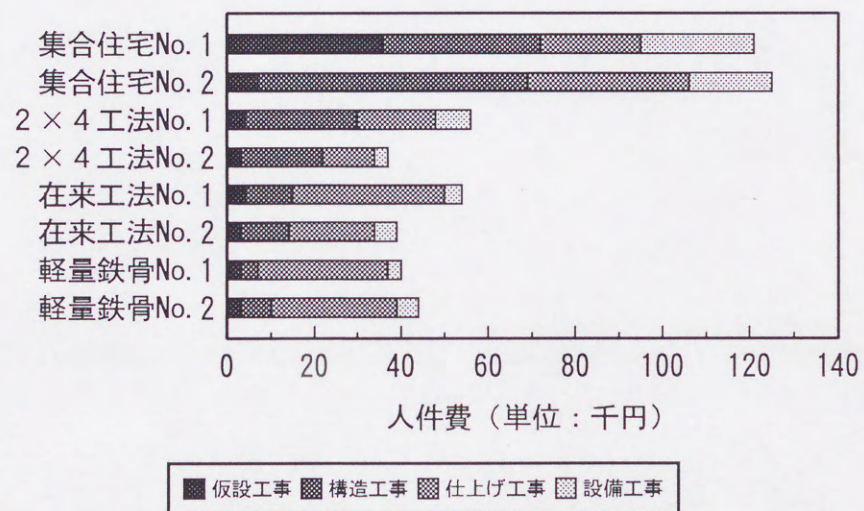


図4-1 (b) 単位面積当たりの工事項目別人件費  
(材料ベース)



#### 4-4 住宅メーカーでの工場使用エネルギー調査

ここで分析対象としている軽量鉄骨系戸建住宅はプレハブ工法であるため、実際には工場での投入エネルギーおよび工場から現地までの輸送エネルギーを、産業連関分析結果に加算する必要がある。ここでは、大手プレハブメーカー3社の工場での使用エネルギーを現地にて調査した。

具体的には、あらかじめ、工場内で使用されるエネルギー量およびその用途、生産される住戸数及びその類別、購入している資材量等の必要な項目を列挙し、アンケート調査を行った後に、現地にて各種資料を転記させてもらい、必要に応じて詳細な数値及び用途をヒアリングにて調査した。

調査結果を表4-4に示す。表中の数値は年間の総出荷量を延床面積に換算し、これで除した値である。各工場共に、電力は生産動力用に使用されているが、B工場については電解塗装用、溶接用にも用いられる。ガスは溶接用であるが、A工場については工場の空調にも用いられている。油類は主として乾燥用である。各工場間の生産形態による違いはみられるものの各工場とも生産に要するエネルギー量は、87~126 MJ/m<sup>2</sup>である。

輸送エネルギーは、各工場と大都市中心部（東京または大阪）との距離及び、住宅メーカーからのヒアリング結果である平均時速（25km/h）を使用し、自動車メーカーカタログ値の時間当たりの燃費（7.4 /h）にて算定した。

輸送回数も住宅メーカーからのヒアリング値を採用した。結果として、各社に若干の差異がみられるが、輸送に要するエネルギー量は、延床面積当たりに換算すると8.1~13.3 MJ/m<sup>2</sup>である。



表4-4 工場で生産される住宅の床単位面積当たりの  
工場内消費エネルギー・輸送エネルギー

単位：MJ/m<sup>2</sup>

	所在地	A工場	B工場	C工場	平均
		滋賀県	奈良県	茨城県	
工場における消費エネルギー	電力	68.4	96.2	63.5	76.0
	ガス	13.7	—	1.0	4.9
	石油類	44.6	3.6	22.6	23.6
	合計	126.8	99.8	87.1	104.6
輸送によるエネルギー		13.3	9.7	8.1	10.4
合計		140.1	109.5	95.2	114.9

#### 4-5 究極的国内生産額

見積書分析結果を産業連関表から計算される逆行列に投入し、究極的な国内生産額を計算した。表4-5は単位面積当たりの究極的な国内総生産額及び建設費である。

建設費と仮設工事、構造工事、仕上げ工事、設備工事、経費、粗付加価値の6項目の合計の差が波及効果分となる。戸建住宅の特徴は仮設工事と構造工事の単位面積当たりの究極的な国内総生産額が少ないことである。

軽量鉄骨系の戸建住宅で仕上げ工事の究極的国内総生産額が高いのは外壁に高価な積層型複合パネルを多量に使用しているためである。



表4-5 単位面積当たりの建設費と究極的な国内総生産額

単位：千円／㎡

	集合住宅		2×4		在来方式		軽量鉄骨	
	1	2	1	2	1	2	1	2
建設費(見積)	259	327	170	140	184	157	192	187
1. 仮設工事	38	32	3	3	2	3	3	3
2. 構造工事	96	138	29	27	31	25	20	23
3. 仕上工事	74	74	51	39	41	40	96	87
4. 設備工事	42	62	29	34	42	45	51	47
5. 経費	20	17	20	16	18	18	22	21
6. 付加価値	130	149	89	64	91	70	78	82
合計(1～6)	347	426	201	175	196	198	265	258



#### 4 - 6 主要資源量

表4-6に究極的国内生産額より計算される主要資源量を示す。  
国内生産額から資源量への換算には産業連関表の物量表を用いた。  
石灰石使用量は、集合住宅の平均では  $450\text{kg}/\text{m}^2$  であり、戸建住宅6  
件の平均は  $220\text{kg}/\text{m}^2$  である。

鉄鉄、粗鋼は、集合住宅の平均で、約  $430\text{kg}/\text{m}^2$ 、木質系戸建住宅  
4件の平均で、約  $54\text{kg}/\text{m}^2$ 、軽量鉄骨系戸建住宅2件の平均で、約  
 $140\text{kg}/\text{m}^2$  となっており、建物の構造による相違が大きい。

表4-6 単位面積当たりの主要資源量

	集合住宅		2×4		在来工法		軽量鉄骨	
	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2
素 材( $\text{m}^3$ )	0.04	0.11	0.23	0.18	0.29	0.27	0.14	0.18
石 灰 石(kg)	365	543	160	100	246	143	268	384
石 炭(kg)	132	183	30	34	34	33	69	62
石 油 類(l)	71	99	37	32	35	32	59	46
ナ フ サ(l)	18	20	12	13	13	14	28	19
L P G(kg)	18.8	15.9	6.1	6.7	6.7	5.8	14.7	8.6
コ ー ク ス(kg)	3.6	10.2	2.1	1.5	3.0	2.3	3.7	4.5
鉄 鉄 (kg) 粗 鋼 等	354	500	48	53	52	64	158	125
非 鉄 金 属(kg)	3.8	3.7	1.6	1.6	1.1	1.4	1.6	2.4
事業用電力(kWh)	1.1	1.0	0.6	0.5	0.4	0.5	0.4	0.9
都 市 ガ ス( $\text{m}^3$ )	232	299	102	88	99	96	205	152

表中の数値は単位面積当たり



#### 4-7 エネルギー消費量

主要資源量から各種エネルギー源別の発熱量原単位<sup>18)</sup>を乗じて計算した単位床面積当りの究極的エネルギー消費量を図4-2に示す。軽量鉄骨系住宅に対しては、工場およびプレハブ部材の輸送エネルギー消費も加算した。

集合住宅の平均では、約8,900MJ/m<sup>2</sup>であり、木質系戸建住宅では、約2,700MJ/m<sup>2</sup>、軽量鉄骨系住宅では約4,600MJ/m<sup>2</sup>となっている。既報<sup>14)</sup>の事務所建築での延床面積当たりのエネルギー消費量は10,600MJ/m<sup>2</sup>であり、集合住宅より19%大きい。各工事項目別にみると、集合住宅の構造工事がによるエネルギー消費量が他の戸建住宅に比較して大きくなっている。軽量鉄骨系住宅は、木質系住宅に比較して、構造工事、仕上げ工事に起因するエネルギー消費量が多い。仕上げ工事によるエネルギー消費量が多い原因は、軽量鉄骨系住宅では2件共、外壁部材に、高価な積層型複合材を用いているためである。

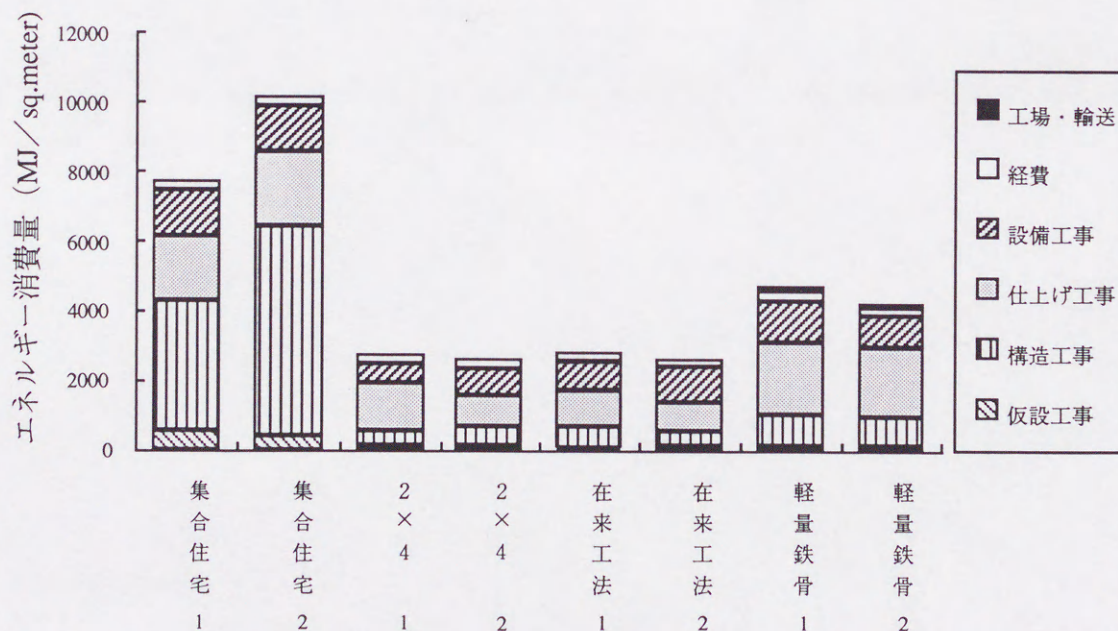


図4-2 住宅建設による究極的エネルギー消費量



#### 4-8 二酸化炭素排出量

主要資源量から各種エネルギー源別のCO<sub>2</sub>発生原単位を乗じて計算される単位床面積当りの究極的なCO<sub>2</sub>排出量を図4-5に示す。図4-5には、本章9節で述べる固定資本形成によるCO<sub>2</sub>排出量も含めた。図4-4で示されたエネルギー使用量とほぼ同様の傾向を示しており、集合住宅でのCO<sub>2</sub>排出量が大きい。集合住宅の平均では約900kg/m<sup>2</sup>、木質系戸建住宅4件の平均では、約250kg/m<sup>2</sup>、軽量鉄骨系戸建住宅2件の平均では、約420kg/m<sup>2</sup>となっており、構造による排出量の相違が顕著に現れている。

また、図4-2(b)の産業連関分析前の工事費用グラフと比較すると、集合住宅と戸建住宅では、費用の差以上にCO<sub>2</sub>排出量の差が顕著に表れている。これは、戸建住宅には金額当たりのCO<sub>2</sub>排出量の少ない木材が集合住宅より多く使われており、集合住宅で多く使われているコンクリートや鋼材は、金額当たりのCO<sub>2</sub>排出量が大きいためである。

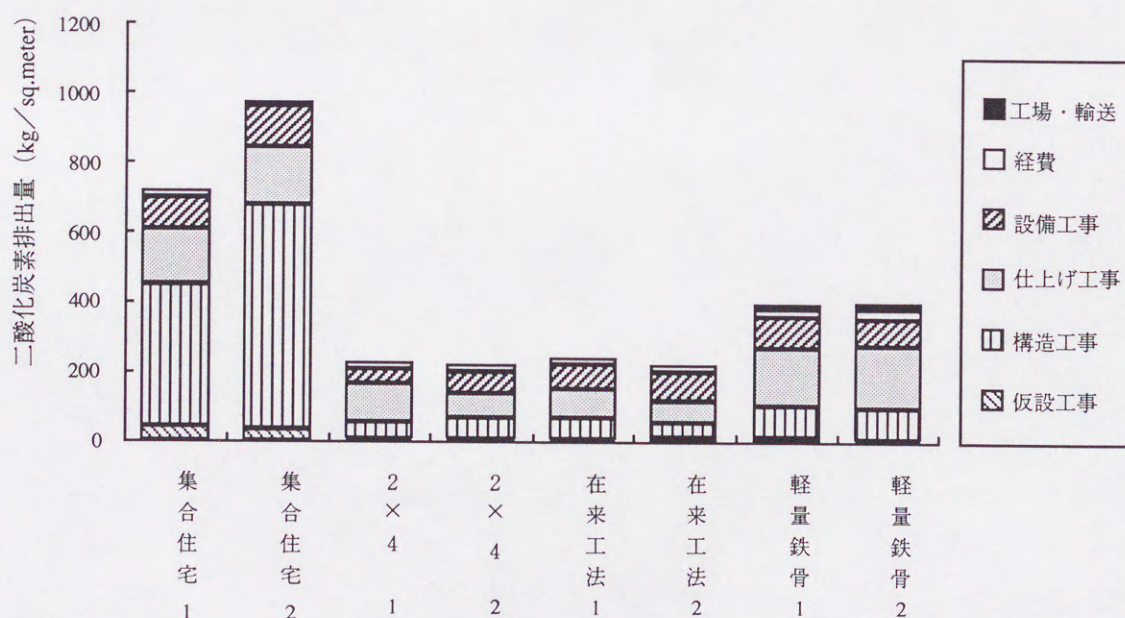


図4-3 住宅建設による究極的二酸化炭素排出量



# 4 - 9 インテンシティー

表4-7に各工事項目別の単位見積金額当りのエネルギー消費量（エネルギーインテンシティー）と、単位見積金額当りのCO<sub>2</sub>排出量（CO<sub>2</sub>インテンシティー）を示す。

エネルギーインテンシティーは集合住宅で31MJ/千円、木造住宅で19MJ/千円、軽量鉄骨住宅では25MJ/千円である。集合住宅の構造工事のインテンシティーは木造住宅と比較して高く、2件の平均で約51MJ/千円であり、既報<sup>20)</sup>の事務所ビル6建物の平均53MJ/千円と概ね一致している。

仕上げ工事では事務所ビルが35MJ/千円であったのに対して、集合住宅の平均では30MJ/千円と、低くなっている。これは仕上げて単位金額当りのエネルギー消費量が低い木材を使用していることによってインテンシティーが引き下げられているためである。

表4-7 エネルギーとCO<sub>2</sub>インテンシティー

	集合住宅		2×4		在来工法		軽量鉄骨		平均
	1	2	1	2	1	2	1	2	
仮設工事	20.4	16.3	17.9	7.9	16.3	29.2	27.1	17.5	19.0
	1.5	1.2	1.4	0.6	1.5	2.2	2.0	1.4	1.4
構造工事	51.8	49.3	11.2	15.8	20.9	16.3	70.6	52.2	36.0
	5.6	5.3	1.7	1.7	1.5	1.6	7.3	5.3	4.1
仕上げ工事	31.7	28.4	30.5	29.6	17.9	20.0	26.3	27.1	26.4
	2.7	2.2	2.5	2.3	1.5	1.6	2.1	2.5	2.2
設備工事	19.6	26.7	26.7	53.0	36.3	39.7	42.6	33.0	34.7
	1.4	2.3	2.2	4.3	3.5	3.4	3.1	2.8	2.5
経費	7.5	7.9	5.8	5.8	5.4	5.8	5.8	5.8	6.2
	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5
合計	29.6	33.4	17.1	21.3	17.1	18.8	25.4	23.8	23.3
	2.8	3.2	1.4	1.8	1.6	1.6	2.1	2.2	2.3

上段 エネルギーのインテンシティー MJ/千円  
下段 CO<sub>2</sub>のインテンシティー kg/千円



#### 4-10 主要部材のエネルギー消費量と全体のエネルギー消費量

産業連関分析にて住宅建設に伴う主要資源量、エネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量を算出したが、ここでは表4-3の主要部材量を基に、エネルギー消費原単位を乗じて主要部材のエネルギー消費量の算出を行った。主要部材は産業連関表（物量表）から対照できるものに限定した。使用したエネルギー原単位は表4-8の如くであり、産業連関表より算出してある。また、従来の、積み上げ方式で用いられている原単位も併記した。

本研究における積み上げ方式とは各種素材別の材料の使用量に、各素材別の単位重量または単位体積当たりのエネルギー消費量原単位またはCO<sub>2</sub>発生原単位を乗じて、エネルギー消費量またはCO<sub>2</sub>排出量を求める方法をいう。エネルギー消費量原単位とCO<sub>2</sub>発生原単位はそれぞれ明示した出典によるものである。

積み上げ方式で、使用されている鉄鋼の原単位は、エネルギー消費の多い高炉鋼のものが多く、原単位としては比較的高い値である。産業連関表からの原単位は電炉と高炉の比率が考慮されているため低い値となっている。

積み上げ方式による主要部材のエネルギー消費量と産業連関分析による主要部材とその他を含む全体のエネルギー消費量算出結果を図4-4に示す。建物全体のエネルギー消費量と主要部材から計算されるエネルギー消費量との間にはかなりの差が生じている。これは主要部材量算定に際して設備工事を除外している事と、主要部材には石油化学製品（塩ビ、プラスチック等）、石膏ボード及びアルミ以外の非鉄金属類が除外されているためである。

全体エネルギーとの差は集合住宅は3,800MJ/m<sup>2</sup>、木造住宅は2,100MJ/m<sup>2</sup>、軽量鉄骨は3,300MJ/m<sup>2</sup>であり同一構造でのばらつきは小さい。主要部材以外から発生するエネルギー消費量と、それらの波及効果を含めて集合住宅では42%、木造住宅では78%、軽量鉄骨住宅では72%と大きな比率を占めている事がわかった。



表4-8 各部材の原単位

	原 単 位	参考文献での使用原単位
製 材	874 MJ/m <sup>3</sup>	288 <sup>3)</sup> , 1,471 <sup>1)</sup> MJ/m <sup>3</sup>
合 板	2,500 MJ/m <sup>3</sup>	1,814 <sup>3)</sup> , 2,312 <sup>1)</sup> MJ/m <sup>3</sup>
コンクリート	1,237 MJ/m <sup>3</sup>	2,312 <sup>3)</sup> MJ/m <sup>3</sup>
鉄 鋼	14.7MJ/kg	23.7 <sup>3)</sup> , 25.6 <sup>1)</sup> MJ/kg
ア ル ミ	35.2MJ/kg	44.0 <sup>3)</sup> , 210.7 <sup>1)</sup> MJ/kg
ガ ラ ス	23.9MJ/kg	22.6 <sup>3)</sup> , 15.6 <sup>1)</sup> MJ/kg
陶 磁 器	8.5MJ/kg	7.0 <sup>3)</sup> , 12.0 <sup>1)</sup> MJ/kg

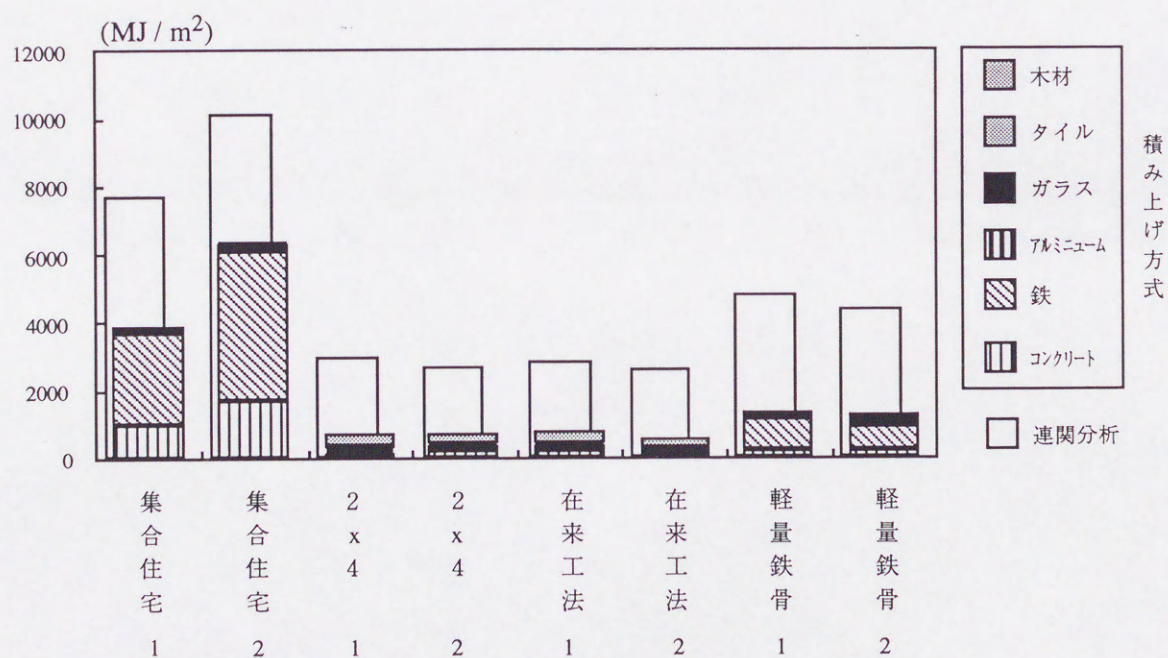


図4-4 主要部材から積み上げ方式にて計算されるエネルギー消費量と産業連関分析から計算されるエネルギー消費量の比較



#### 4 - 1 1 ま と め

産業連関表を用いた試算により、SRC造集合住宅、2×4工法、木造在来工法および軽量鉄骨系プレハブ住宅の建設エネルギー消費量およびこれに伴うCO<sub>2</sub>排出量を求めた。

(1) 集合住宅の建設によるエネルギー消費量は、約 8,900MJ/m<sup>2</sup>であり、木造系住宅は、約 2,700MJ/m<sup>2</sup>、軽量鉄骨系戸建住宅は、約 4,600MJ/m<sup>2</sup>であった。

(2) 集合住宅では、構造工事によるエネルギー消費量及びCO<sub>2</sub>排出量が多いことが特徴でありエネルギー消費量では木造系住宅の9倍であり、軽量鉄骨系住宅は木造系住宅の5倍となる。

(3) 単位投入金額あたりの、エネルギー消費量（インテンシティー）は集合住宅では、約 31MJ/千円、木造系住宅では、約 19MJ/千円、軽量鉄骨系では、約 25MJ/千円であった。インテンシティーにおいても集合住宅および軽量鉄骨系住宅は木造住宅に比べて高く、この原因は構造工事による。

(4) 主要部材量からエネルギー消費量を求め全体のエネルギー消費量と比較した結果、全体のエネルギー消費量に占める割合は集合住宅は58%、木造住宅では22%、軽量鉄骨系住宅では28%と低く、産業間の波及効果や主要部材以外のエネルギー消費量が大きいことが示された。

#### 「注釈」

1) ある物品を単位金額購入した場合、産業連関分析では逆行列に



この金額を投入し、分析することとなる。しかし、この手法にて究極的な国内総生産額を算出する際、産業連関分析では、当該部門へのある金額投入（購入）、それが平均価格として投入されたものとして、それからの波及効果などが計算される。実際の物品単価が物量表での単価（平均単価）とかけ離れて場合、波及効果などが過大、または過小評価される。

例えば、アルミサッシのように材料使用量自体の差がほとんどない場合であっても、見積書記載金額に大きな差が生じている場合がある。その原因は、加工手間などの人件費によるものが大きいと判断した。従って、本報では材料使用量をもとに、材料価格を計算し直し、この見積書記載金額を修正した。

[参考文献：4章]

- 1) (財)建設物価調査会：建設工事標準歩掛，第27版，昭和61年
- 2) 大蔵省印刷局：有価証券報告書総覧，清水建設，昭和61年3月
- 3) 建設工業経営研究会：建設工事原価分析情報，大成出版，昭和62年7月
- 4) 大蔵省印刷局：有価証券報告書総覧，殖産住宅相互，昭和61年3月
- 5) 大蔵省印刷局：有価証券報告書総覧，ナショナル住宅産業，昭和61年3月
- 6) 大蔵省印刷局：有価証券報告書総覧，大和ハウス工業，昭和61年3月
- 7) 大蔵省印刷局：有価証券報告書総覧，積水ハウス，昭和61年3月
- 8) 通商産業調査会：昭和60年産業連関表，磁気テープ，平成元年
- 9) 野城智也 他：地球環境・資源問題を考慮した構工法選択のための原単位評価に関する研究，第9回建築生産と管理技術シンポジウム，日本建築学会，1993年
- 10) 宮沢健一：産業連関分析入門，日本経済新聞社，昭和55年
- 11) 金子敬生：産業連関分析，有斐閣双書，昭和51年



- 12)石油産業活性化センター：炭酸ガス温室効果と我が国石油産業の  
対応に関する調査報告書，平成元年
- 13)岡 建雄：産業連関表による建築物の評価，その1.省エネルギー  
と一般事務所ビルの比較，日本建築学会計画系論文報告集，第  
359号，pp.17～23，昭和61年6月
- 14)竹林芳久、岡 建雄 他：産業連関表による建築物の評価，その  
2. 事務所建築の建設による環境への影響，日本建築学会計画系  
論文報告集，第431号，pp.31～38，1992年 1月
- 15)建設物価調査会：建設部門分析用産業連関表，平成元年11月
- 16)Chapman, P.F. : The Energy Intensity of Building  
Materials, Energy Policy, Mar., 1975
- 17)酒井寛二：建設業の資源消費量解析と環境負荷の推定 建設情報  
科学，vol. 21 No.2, p130-135, 1992年
- 18)(財)建設物価調査会：標準工事歩掛要覧，改訂7版，平成5年
- 19)資源エネルギー庁編：総合エネルギー統計，1990年
- 20)通商産業大臣官房調査会統計部：平成2年 工業統計表 工業地  
区編，平成4年
- 21)(財)建設物価調査会：建設統計年報 平成4年度版，平成4年8月
- 22)建設資料研究所：積算ポケット手帳，1993前期編、1993設備編、  
1992外廻り工事編，1992年12月
- 23)(財)経済調査会：建築工事の積算，平成4年11月
- 24)(財)経済調査会：建築設備工事の積算，平成4年9月



## 第 5 章

運用時のエネルギー消費量、  
二酸化炭素排出量



## 5 - 1 調査分析概要

事務所建築の運用によって引き起こされる、環境に対する負荷（エネルギー消費量、二酸化炭素排出量）を、産業間で引き起こされる、波及効果分も含めて定量化するために、産業連関表を用いた連関分析手法を用いて解析・定量化した。

また、住宅に関しては、エネルギー使用量の実態調査が実施できなかったことから、既存の資料などから年間使用エネルギー量を求めこれによる波及効果も含めたエネルギー消費量、二酸化炭素排出量の推定を行った。この際、予め、各種エネルギー源別に単位金額を購入した場合の究極的エネルギー使用量、二酸化炭素排出量について原単位を産業連関分析手法によって用意した。

本章での事務所建築の分析に際しての特徴は、3章で解析を行った建設段階での環境に対する負荷の定量化の対象とした建物と同一の建物に対して運用段階での調査解析を行った点である。本章では当該建物の運用状況調査から使用したエネルギーなど運用管理に関わる最終需要額を定量化し、連関分析を行いエネルギー消費量、二酸化炭素排出量を算出した点である。また、建物の更新についても検討を行った。更新については、部位毎に更新周期を仮定し、これに従い、実際に工事金額を積算して、これによるエネルギー消費量、二酸化炭素排出量を算出した。

## 5 - 2 事務所建築の運用分析

### （1）対象建物

分析の対象とした建物の諸元を表5-1に示す。建物はすべて3章での建設段階での解析対象と同一であり、竣工年は昭和51年から平成元年までであり、建設地域はすべて東京都内である。延べ床面積は、2,000㎡以下が8建物、8,000㎡、20,000㎡規模が各1建物



である。構造はRC造またはS造で、小規模の建物に関しては、8階建ての建物を中心である。Jの建物は地域冷暖房による熱供給を受けている。

表 5 - 1 調査建物概要

竣工年	延床面積 (㎡)	階数	構造	熱源仕様	
A	S51	1,879	F7-B1	RC造	ハ° ッケ-ジ°
B	S54	1,404	F7	RC造	ハ° ッケ-ジ°
C	S61	1,857	F7-B1	RC造	蓄熱HP
D	S62	1,340	F7	RC造	ハ° ッケ-ジ°
E	S62	1,328	F7	RC造	ハ° ッケ-ジ°
F	S63	1,253	F7-B1	RC造	マルチ
G	H1	1,291	F7	RC・S造	マルチ
H	H1	1,353	F7	RC・S造	ハ° ッケ-ジ°
I	H1	8,458	F9-B1	S造	蓄熱HP
J	S62	22,982	F8-B2	S造	地冷

## (2) 分析方法

運用費については、各建物の管理会社の管理収支報告書、および管理見積書の調査及び実施内容のヒヤリング結果から、設備管理費、清掃費、警備費のうち実施内容が契約によって取り決められている通常経費、修繕補修等の変動費、エネルギー消費などの光熱水費に分類し、これらを光熱費、清掃費、設備費、警備費、その他に整理して分析を行った。

図 5 - 1 に運用費の分類項目を示す。尚、調査は昭和62年度中途から平成5年度中途までの長期間を対象として調査を実施した。



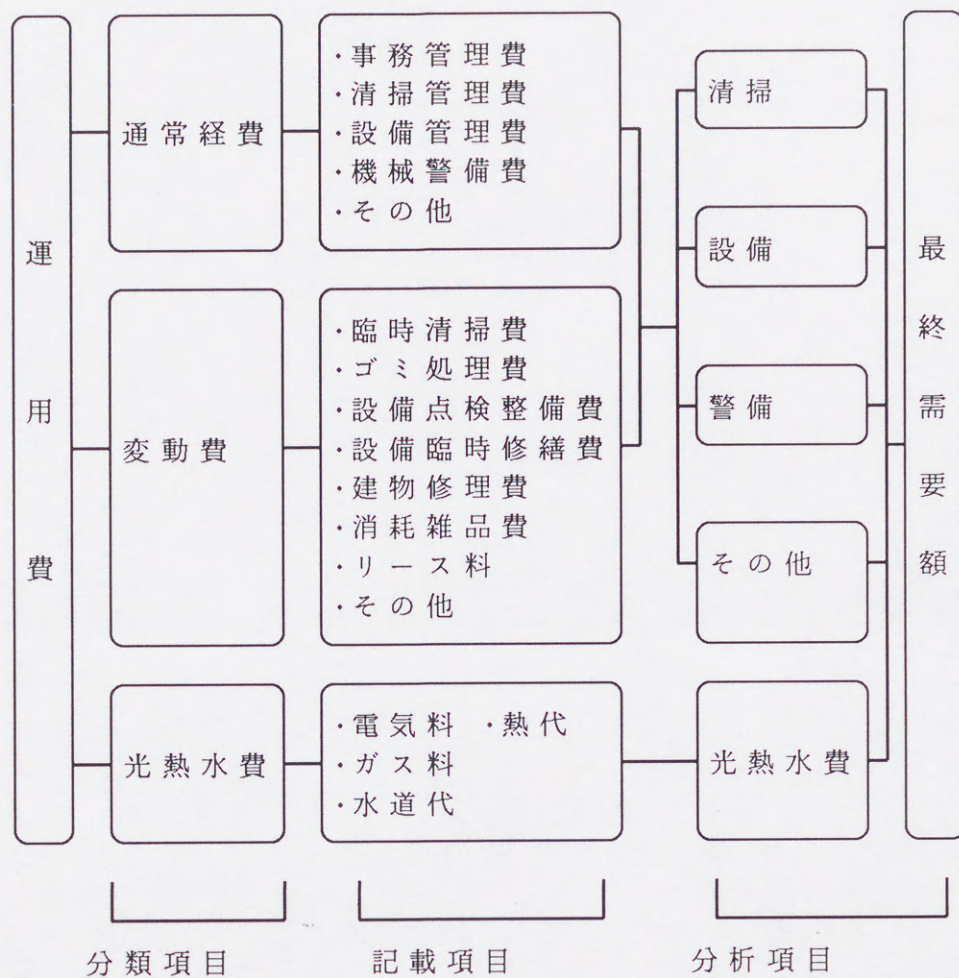


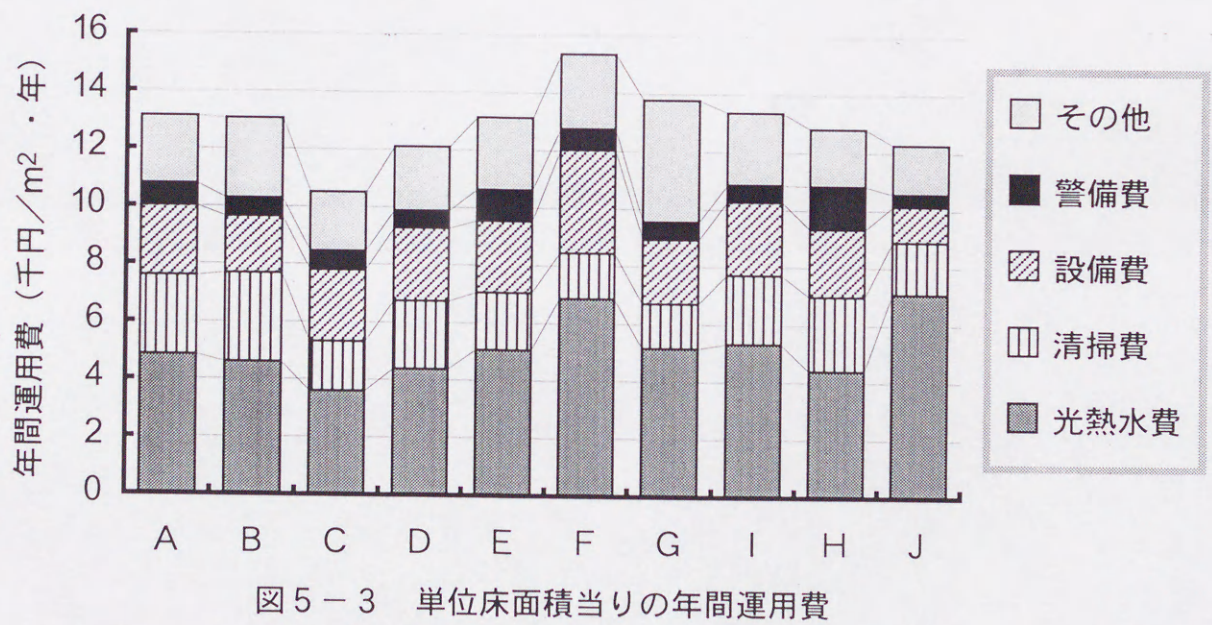
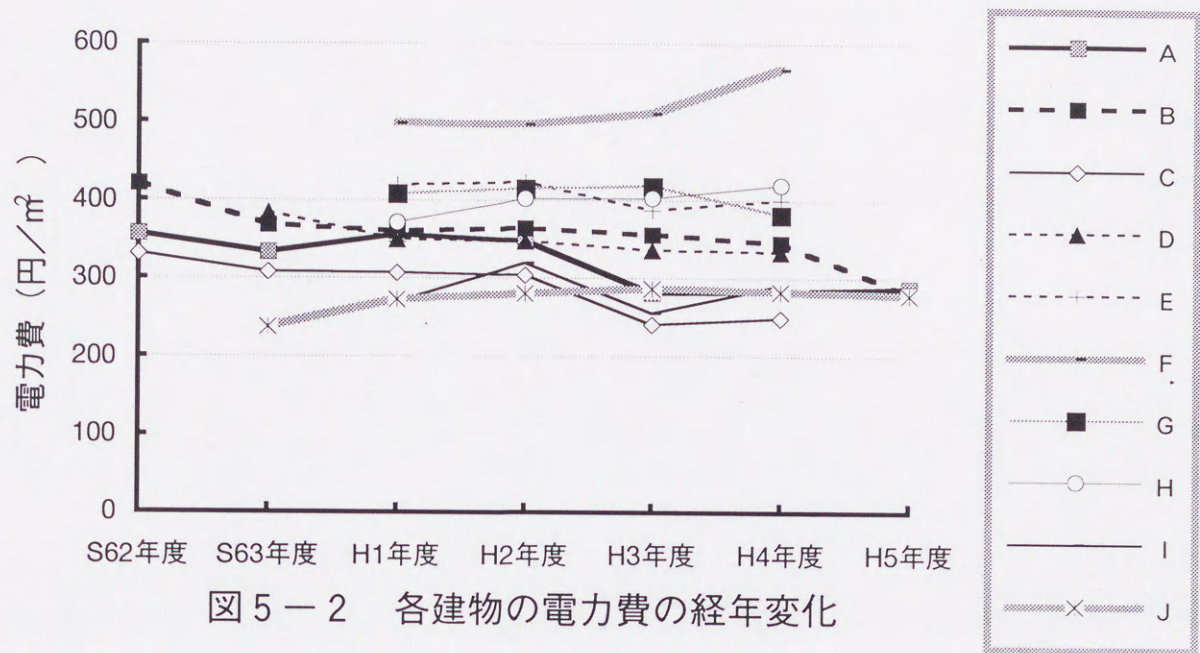
図 5 - 1 運用費分析の流れ

### ( 3 ) 各建物の運用費

各年度毎の電力費の変化を図 5 - 2 に示す。5 建物については平成 2 年度から平成 4 年度までが示されており、残りの建物については昭和 6 2 年度から平成 5 年度までである。各年度における大きな変動は見られない。また昭和 6 3 年度からの推移をみても明らかな減少または増加の傾向は、F を除いて読み取れず、各年ほぼ一定と考えられる。

図 5 - 3 に平成 2 年度から平成 4 年度までの運用費全体の構成を、光熱水費、清掃費、設備管理費、警備費、その他に分けて 1 年当たりの金額に直して示す。平均では、延べ床面積当たり約 12,800 円／







$\text{m}^2 \cdot \text{年}$ であり、光熱水費は全建物平均で $5,200 \text{円} / \text{m}^2 \cdot \text{年}$ であり全建物の約40%を占める。また清掃費、設備管理費、警備費は運用費のうち、約41%を占める。通常経費の内訳に関して、図5-4に示す。全体を平均すると、事務管理費、環境衛生管理費及び清掃管理費、設備管理費がそれぞれ全体の3割を占めている。建物Gのその他は駐車場設備に関する費用が含まれているため、他の建物よりも大きくなっている。Jの建物は、大規模物件であり、管理者が常駐していることから、管理の効率化が図られているために、他の建物よりも通常経費が小さくなっている。その他の小、中規模の建物は、メンテナンス業者による委託管理である。変動費は、全建物の平均で、平成2年度が $5,280 \text{円} / \text{m}^2$ 、平成3年度が $5,085 \text{円} / \text{m}^2$ 、平成4年度が $5,172 \text{円} / \text{m}^2$ であり各年度の差異は少ない。

#### (4) 究極的な国内生産額の算出

産業連関手法を用いて運用費の解析を行った。結果を図5-5に示す。運用時に関しては、光熱水費の全体に占める割合が大きく、平均で約40%のなる。全体の平均は、約 $19,000 \text{円} / \text{m}^2 \cdot \text{年}$ であった。最小は、建物Cの約 $16,000 \text{円} / \text{m}^2 \cdot \text{年}$ 、最大は建物Fの $24,000 \text{円} / \text{m}^2 \cdot \text{年}$ であった。

#### (5) エネルギー消費量の算出

エネルギー消費量の算出結果を図5-6に示す。全建物のエネルギー消費量の平均は $1,212 \text{MJ} / \text{m}^2 \cdot \text{年}$ であるが、約9割は光熱水に起因するものであり、その他は、全体の約1割と少ない。これは、清掃、設備管理などは費用に占める人件費の割合が極めて高く、材料、製品などの購入を伴わないことからエネルギー消費が低く抑えられているためである。既往の研究(12)では昭和63年での推定値で $1,630 \text{MJ} / \text{m}^2 \cdot \text{年}$ との報告があり、本報告ではこの値より26%低



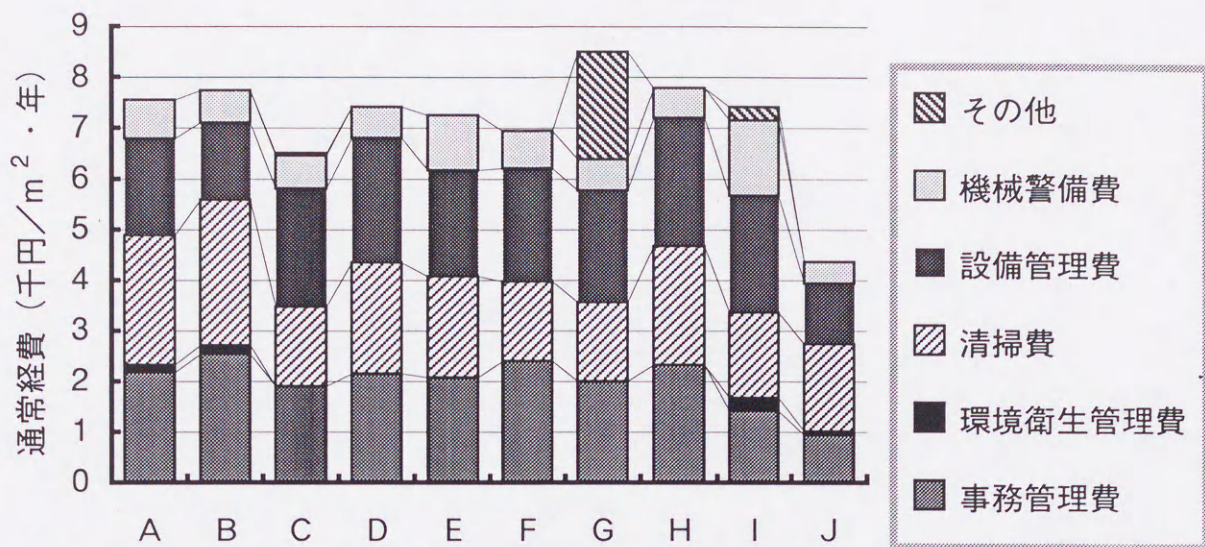


図5-4 単位床面積当りの年間通常経費

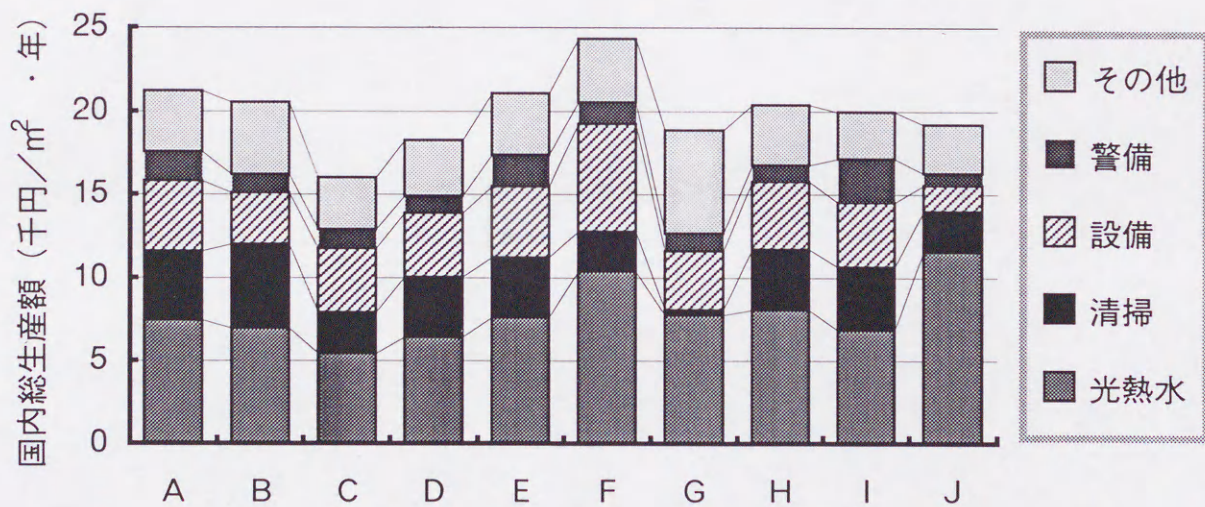


図5-5 運用時の単位床面積当りの年間国内総生産額



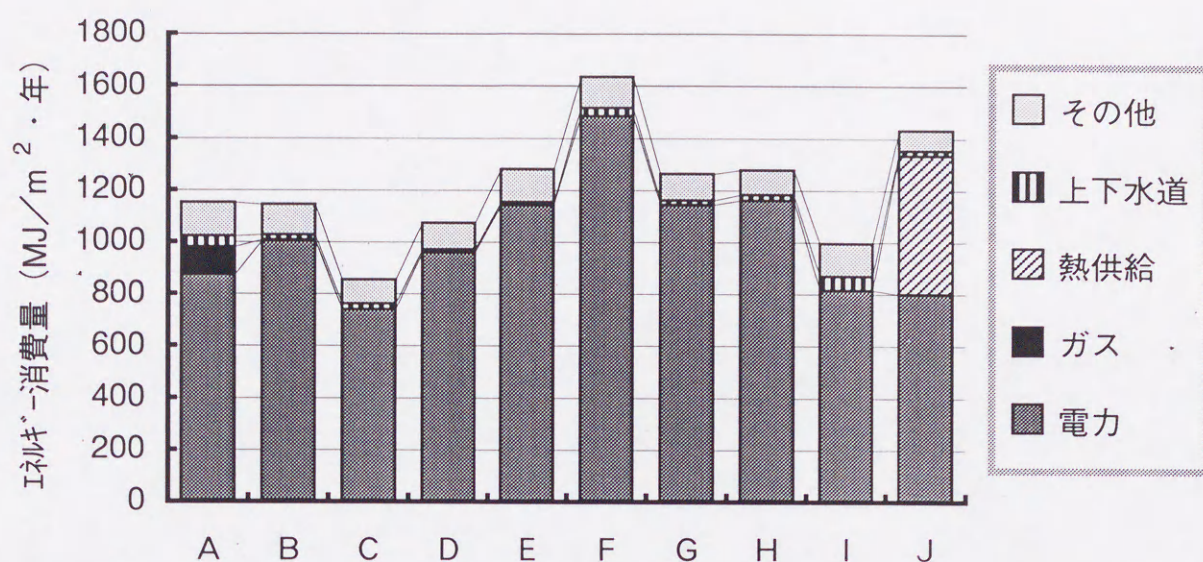


図5-6 運用時の単位床面積当りのエネルギー消費量



図5-7 運用時の単位床面積当りの二酸化炭素排出量



い値であった。

#### (6) 二酸化炭素排出量の算出

二酸化炭素排出量の算出結果を図5-7に示す。運用時に関しては、全物件の二酸化炭素排出量の平均は $87\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ である。これらのうち、光熱費の占める割合が大部分でおよそ90%を占めている。既往の文献3)による値は、 $75.5\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ であり、約13%高い値を示した。

#### (7) 更新時の分析

調査対象建物は未だ更新を行っていないことから更新に関するデータは入手できなかった。更新行為の分析のため本研究では、建物各部位、機器毎に更新周期を仮定してこれに従って建物を建設した会社に概算見積を依頼して、この更新見積書を分析して国内需要を求め、これより連関分析にてエネルギー消費量及び二酸化炭素排出量を求める手法を採用した。更新する部位・機器は表5に示される如くであり基本的には参考文献13)で示される部位・機器の期待される耐用年数を採用している。但し、例えば変電設備の中で遮断機、断路器、変圧器は耐用年数が異なっているが本報告では最短のものに合わせて決定している。これは、通常更新の際、受変電室内機器については一括して更新し、工事回数を減らしていく傾向にあるためである。このような考えで設備機器においては更新周期を若干変更している。また、更新に際しては機能向上は見込んでおらず、例えば受電容量の引き上げ、空調能力引き上げは考慮していない。また、更新の概算見積では道連れ工事（配管工事に伴う内装工事など）は発生しないとの仮定で行っている。尚、見積分析方法は建設時の方法に準じている。

図5-8に究極的な国内生産額を示す。また、エネルギー消費量



及び二酸化炭素排出量の算出結果を図5-9、5-10にそれぞれ示す。更新によるエネルギー消費量は建物Bの1,000MJ/m<sup>2</sup>から、建物Eの2,500MJ/m<sup>2</sup>まで約2.5倍の差が生じている。二酸化炭素排出量についても同様の傾向がみられる。

表5-2 建築部位、設備機器の更新周期表

	部位名 機器名称	主要部品 仕様	期待寿命 (年)
建 築	屋根	アスファルト防水 合成高分子ルーフィング 床クリンカータイル	25 15 30
	外壁	吹付けタイル仕上	20
	内部床	ビニルタイル貼	20
電 気 設 備	変電設備	遮断機 断路機 変圧器 コンデンサ、リアクトル	20 20 20 20
	蓄電池設備	鉛蓄電池（普通CS） アルカリ蓄電池 充電器	15 15 15
	電気、 ケーブル類	電力ケーブル（RN, BN）	20
		電力ケーブルCV6.6/3.3KV	20
		電力ケーブルCV600V	20
		電力ケーブルVV600V	20
		バスダクト	20
	電灯設備	蛍光灯器具 水銀灯 白熱灯	15 15 15
	弱电設備	放送設備（アンプ、スピーカー） 電気時計（親時計） インターホン設備	20 20 20



給排水衛生	ポンプ	排水ポンプ（床置型）	2 0
		排水ポンプ（水中型）	1 0
		揚水ポンプ	2 5
		消火ポンプ	3 0
		ポンプ用モータ	2 0
	配管	白ガス管（給水）	2 0
		白ガス管（排水）	2 0
		バルブ類	2 0
	湯沸器	ガス貯湯式湯沸器	8
		ガス瞬間湯沸器	7
空調換気設備	冷凍機	ターボ冷凍機（開放型）	2 0
		ターボ冷凍機（密閉型）	2 0
		付属品	2 0
		吸収式冷凍器	2 0
	チリングユニット		2 0
	冷却塔	送風機	1 5
		電動機	1 5
		ケーシング	1 5
	A H U	ケーシング、送風機	1 5
		冷温水コイル	1 5
		加湿装置	1 5
	ハッチャーシ	コイル、送風機	2 0
		圧縮機	2 0
	換気装置	送風機	2 5
		排風機	2 5
		電動機	2 5
	ポンプ	冷温水ポンプ	2 5
		冷水ポンプ	2 5
		電動機	2 5

（社）建築・設備維持保全推進協会：ビルディングLCビズ百科より作成



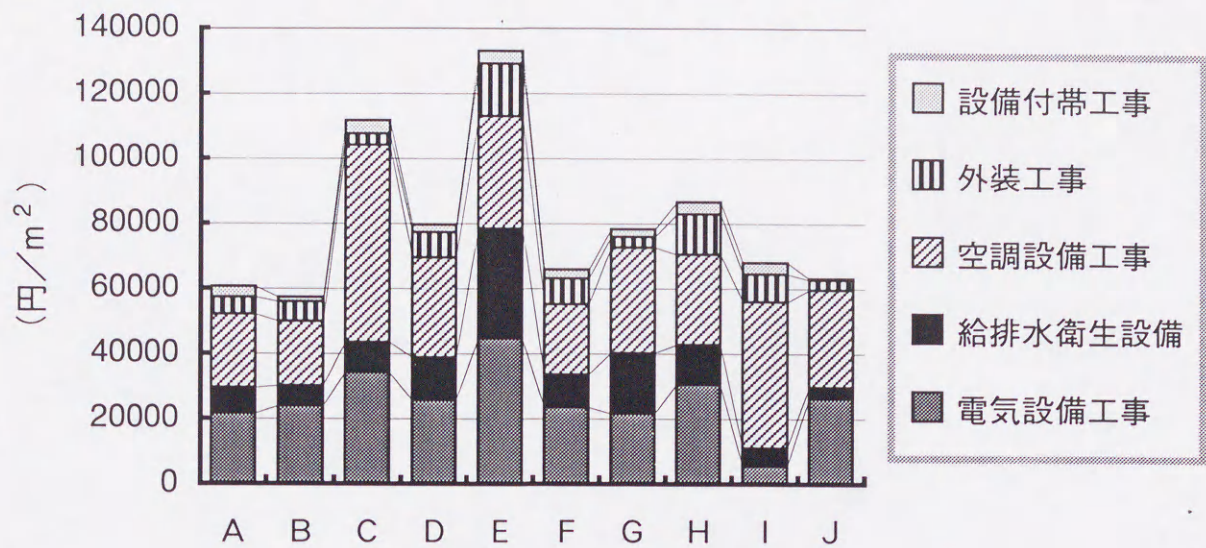


図5-8 更新の国内総生産額 (40年間)

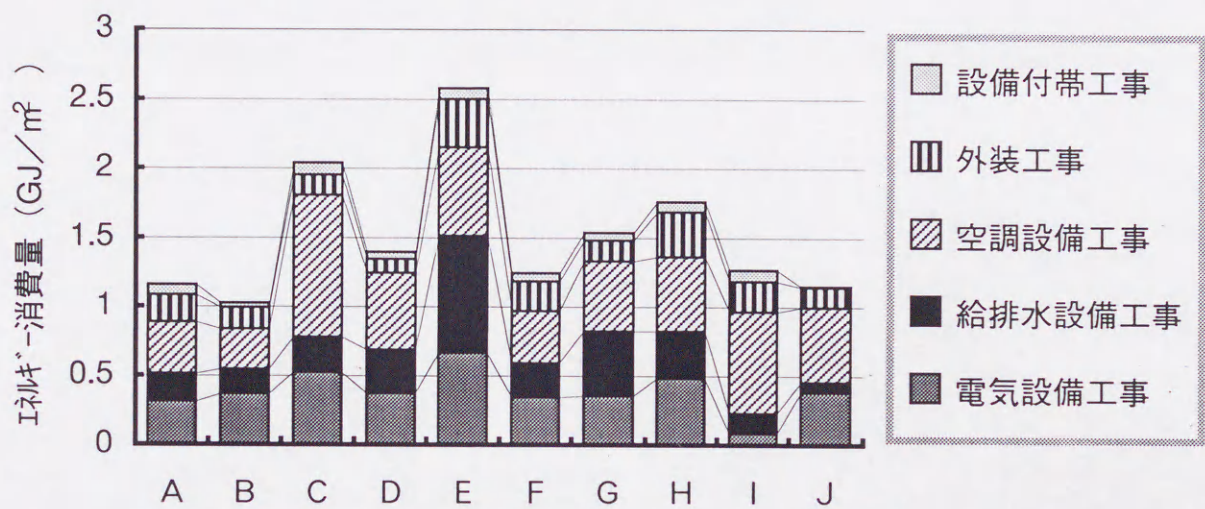


図5-9 更新のエネルギー消費量 (40年間)



図5-10 更新の二酸化炭素排出量 (40年間)



### 5 - 3 住宅の運用分析

#### (1) 各種エネルギー源別の究極的エネルギー消費量と二酸化炭素排出量原単位の算出

住宅での既存のエネルギー消費量実態調査結果をもとに本節では、消費される石油、都市ガス、電力から波及効果を含めたエネルギー消費量、二酸化炭素排出量をもとめた。

本節では産業連関分析を行うため、各種エネルギーを単位金額購入したと仮定して、この需要による各産業分野での生産者価格を初めに求めた。すなわち、金額当たりの原単位化を行った。

エネルギー種別は石油、都市ガス、電力とし、単位金額を百万円とした。各産業部門別の生産者価格を表5-3に示す。都市ガス、電力は、購入者価格と生産者価格は同額であり、石油に関しては、流通マージンと運輸が必要になる。従って石油製品部門には、735千円が投入される。この試算での各部門への割り振りは産業連関表によった。

次に表5-3の数値を産業連関表の逆マトリックス（レオンチェフ逆行列）によって計算し、他産業への究極的な波及効果を含んだ国内生産額を求めた。結果を表5-4に示す。

石油の波及効果は1.17倍に過ぎないが、都市ガス、電力の波及効果は大きく各々1.53、1.49である。

また石油の国内生産額が投入額より少なくなってしまうのは、輸入分が差し引かれ国内生産額のみになってしまうからである。表5-4より産業連関表の物量表を用い必要資源量を算出した。結果を表5-5に示す。LPGは産業連関表、物量表にないため、別途資料によりkWh当りの平均消費量から類推した。



表 5 - 3 原単位作成のための生産者価格  
(単位：円)

	石 油	都市ガス	電 力
石油製品	734,396	0	0
都市ガス	0	1,000,000	0
事業用電力	0	0	1,000,000
卸売り	99,451	0	0
小売り	140,683	0	0
国鉄	1,279	0	0
地鉄	205	0	0
道路貨物輸送	14,195	0	0
通運	843	0	0
沿海内水面輸送	6,085	0	0
港湾輸送	369	0	0
航空輸送	2	0	0
倉庫	2,492	0	0
計	1,000,000	1,000,000	1,000,000

表 5 - 4 単位需要（百万円）当たりの究極的な国内生産額

産業部門	石 油	都市ガス	電 力
農林・水産・鉱業・食料	2.6	19.6	15.3
繊維・紙・木製品	17.7	44.0	19.3
化学・石油・石炭製品	680.0	66.0	118.2
窯業・土石製品	1.0	1.9	3.5
鉄鋼・非鉄金属	4.8	22.4	9.2
金属製品	4.0	4.0	6.4
電気・輸送・精密等機械	21.5	42.1	65.3
その他製造業	4.8	10.7	24.5
電力・ガス・水道・廃棄物	12.9	1,049.6	1,015.3
商業・金融・保険等	319.5	98.2	103.2
運輸	56.9	42.9	35.1
その他サービス業	47.0	125.3	70.3
国内部門計	1,172.9	1,526.7	1,485.6

(単位：千円)



表 5 - 5 単位需要（百万円）に対して必要な資源量

	単位	石油	都市ガス	電力
3. 鉄鋼石	kg	. 1	. 4	. 3
4. 石灰石	kg	19. 1	54. 6	68. 8
5. 国産原料炭	kg	1. 5	298. 7	58. 4
6. 輸入原料炭	kg	46. 7	2324. 4	1029. 8
7. 国産一般炭亜炭	kg	8. 5	18. 2	706. 7
8. 輸入一般炭亜炭	kg	13. 0	44. 1	971. 9
9. 原油	l	9115. 7	1384. 6	2036. 0
10. 天然ガス・LNG	kg	19. 0	3562. 1	1715. 8
11. 液化石油ガス	kg	. 3	. 7	32. 4
12. パルプ	kg	4. 9	10. 2	4. 1
13. 揮発油	l	43. 1	26. 8	25. 1
14. ジェット燃料油	l	2. 3	2. 3	1. 9
15. 灯油	l	67. 0	28. 4	14. 0
16. 軽油	l	95. 9	34. 8	40. 8
17. A 重油	l	37. 6	21. 0	23. 3
18. B, C 重油	l	216. 0	106. 1	1530. 3
19. ナフサ	l	43. 6	401. 6	39. 2
20. コークス	kg	1. 0	-1745. 9	4. 7
21. セメント	kg	6. 0	16. 8	37. 7
22. 生コンクリート	l	8. 1	17. 9	46. 1
23. 耐火物	kg	. 6	1. 4	3. 1
24. 銑鉄	kg	10. 4	53. 1	20. 5
25. フェロアロイ	kg	. 2	1. 2	. 5
26. 粗鉄	kg	13. 1	56. 8	25. 0
27. 銅	kg	. 1	. 2	. 5
28. 鉛	kg	. 0	. 1	. 2
29. 亜鉛	kg	. 0	. 3	. 2
30. アルミニウム	kg	. 3	. 6	. 8
31. 再生アルミニウム	kg	. 2	. 4	. 7
32. 事業用電力	kWh	386. 7	897. 6	251. 1
33. 都市ガス	m <sup>3</sup>	1. 3	142. 6	1. 9
34. 熱供給業	Mcal	1. 9	2. 0	1. 2



a) 石油

1985年に輸入された原油は $201,189 \times 10^3 \text{kl}$ で、93.7%は石油製品の原料となる。従って石油製品には $188,514 \times 10^3 \text{kl}$ が分配され、これを石油製品量 $172,323 \times 10^3 \text{kl}$ で除すると、変換効率は91.4%、損失は8.6%となる。

1,000,000円を石油製品に投入すると、石油製品に対する生産価格は、734,396円となるため、平均80.18円/リットルで除すれば、石油製品9,159リットルが購入できることになる。

表5-5に示される如く、原油9,115必要とされているため、9,116-8,026=1,090リットルが波及効果のために生じた原油量となる。

この他、石炭類70kg、天然ガス・LNG・LPG19kg、輸入石油1,823が必要となる。尚、電力は386.7kWhとなるが、そのエネルギー源は原油・石炭・LNG等に含まれている。

b) 都市ガス

都市ガスの単価は144.8円/ $\text{Nm}^3$ なので、1,000,000円の投入で6,906 $\text{Nm}^3$ を購入できる。その場合、石炭類として、2,684kg、原油1,385リットル、天然ガス・LNG・LPG3563kgを必要とする。但し、コークス1,746kgが副産物として生産されるので、これを差し引くと、石炭類は938kg必要となる。

c) 電力

電力単価は24.35円/kWhなので、1,000,000円の投入で41,068kWhの電力を購入できる。その場合、石炭類2,772kg、原油2,036、天然ガス・LNG1716kg、LPG32kgを必要とする。

各エネルギー源の物量を算出し、各エネルギー源の発熱量を乗じて必要エネルギー量を算出したものを表5-6に示す。表5-6より石油および都市ガスの生産用エネルギーと需要端エネルギーの比がほぼ同じであることが分かる。

次に、各二酸化炭素排出量源単位(表5-7)を乗じて、需要端



での単位エネルギー使用量あたりの二酸化炭素発生量を計算したものを表5-8に示す。

都市ガスと石油を比較すると単位需要端熱量当りの二酸化炭素発生量は、石油が高いものの、生産時と需要端での発生割合では、都市ガスのほうが高くなっている。但し、現在は都市ガスに占めるLNGの割合が高くなっていることからこの傾向は変化していることが推測される。

文献<sup>7)</sup>によれば都市ガス製造に要する加熱用燃料使用量は1980年に33.0TJから1989年には18.8TJと約43%も低減している。本報での解析は1985年度産業連関表を用いているため上記のほぼ中間にあると推測される。

表5-6 単位需要（百万円）当たりの究極的なエネルギー消費

エネルギー種別	石油	都市ガス	電力
原料炭（国産）	38	7,240	1,417
原料炭（輸入）	1,212	60,242	26,689
一般炭亜炭（国産）	209	443	17,134
一般炭亜炭（輸入）	339	1,145	25,189
揮発油	1,551	966	907
ジェット燃料油	84	84	71
灯油	2,495	1,057	523
軽油	3,691	1,342	1,572
A重油	1,559	874	966
B・C重油	8,941	4,393	63,327
LPG	17	38	1,739
コークス	33	-52,547	142
都市ガス	54	5,965	84
原油	358,176	34,342	80,001
天然ガス・LNG	1,058	8,912	95,388
生産用エネルギー	79,498	61,521	259,712
需要端消費エネルギー	359,890	288,675	147,629
計	436,387	350,196	407,341

（単位：MJ）



表 5 - 7 二酸化炭素排出量原単位

エネルギー種類	二酸化炭素排出量原単位
石炭	2. 7 5 kg-CO <sub>2</sub> /kg
A 重油	2. 7 7 kg-CO <sub>2</sub> /l
B・C 重油	3. 0 4 kg-CO <sub>2</sub> /l
軽油	2. 7 0 kg-CO <sub>2</sub> /l
揮発油	2. 4 3 kg-CO <sub>2</sub> /l
灯油	2. 5 9 kg-CO <sub>2</sub> /l
ナフサ	2. 4 3 kg-CO <sub>2</sub> /l
コークス	3. 1 2 kg-CO <sub>2</sub> /kg
都市ガス	2. 1 2 kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
L N G	2. 8 1 kg-CO <sub>2</sub> /kg
原油	2. 7 8 kg-CO <sub>2</sub> /l
セメント	0. 3 0 kg-CO <sub>2</sub> /kg
1tonにつき約0.5tonのCO <sub>2</sub> 発生する 内、約60%は石灰の分解から生成 するためこれのみを対象とした	

表 5 - 8 需要端での 1MJ 使用時の CO<sub>2</sub>発生量

	石油	都市ガス	電力
生産時	10.7	12.2	130.0
需要端での使用時	70.7	50.7	0
計	81.1	62.9	130.0

(単位 : g-CO<sub>2</sub>/MJ)



## (2) 積み上げ方式による負荷排出量との比較

産業連関表では国外での経済活動を表現していないため、エネルギー産出国での採掘行為に伴うエネルギー消費、環境汚染負荷排出量は考慮されない。

しかし積み上げ積み上げ方式による既存研究には数例の計算結果<sup>8)、9)、10)</sup>が示されている。

表5-9に積み上げ方式での電力需要によって生じる二酸化炭素排出量の計算結果<sup>2)</sup>を示す。採掘から輸送、転換などを経て発電に至るまでの二酸化炭素排出量の合計値ではLNGが最も低いものの採掘(LNGの液化)、輸送など日本国外での行為についてはLNGが最も排出量は高い。従って、LNGの場合相対的に地球環境の観点からは有利なものの原産国での発生量は大きいといえる。石炭火力については発電時の発生量が高くLNG火力の2倍近い値となっている。

これらの数値より化石燃料を用いる発電の平均を算出した。算出に際しては昭和60年度の9電力合計の発電用燃料の構成比<sup>11)</sup>(石炭11.4%、石油45.4%、LNG43.2%)を用いた。さらに石油、ガスの需要端での使用(燃焼)による発生量をあわせて表5-10に示す。

石油とガスの比較では火力発電での結果と同様にガスの方が全体での発生量では低いものの採掘時での発生量ではガスが高い。

電力は、ガス、石油との比較では二酸化炭素発生量が高くなっているが、これは算定基準として火力発電所の平均値を使っているためであり、水力、原子力などは含まれていない事によってこのような結果となっている。また電力はエネルギーの質が高ことからこれらの数値のみで判断はできない。例えば、熱源として考えると、ヒートポンプ等の機器を使用し、成績係数に3程度を期待する場合、需要端での熱量1MJ当りの発生量は、電力で63gとなりガスとほぼ同様になる。

表5-10を産業連関表を用いて算出した二酸化炭素発生量(表



5 - 8) と比較すると石油に関しては、表 5 - 8 では  $81.1\text{g-CO}_2/\text{MJ}$  であるのに対し表 5 - 10 の採掘・輸送を除く値では  $72.2\text{g-CO}_2/\text{MJ}$  となり産業連関分析の結果が約 11% 大きくなっている。また他の積み上げ方式での計算結果<sup>10)</sup>では、 $76.8\text{g-CO}_2/\text{MJ}$  でありこの場合も産業連関分析結果の方が約 6% 大きくなっている。これらの原因は、主として産業連関分析による経済波及効果と考えられる。

ガスでは表 5 - 10 の生産時について記載がないのは、LNG のみを取り扱っているためであり、算出基準が産業連関分析と異なっているためである。産業連関分析では各種都市ガスのすべての製造プロセスも含まれているため生産時において  $12.2\text{g-CO}_2/\text{MJ}$  との数値が算出されている。

文献<sup>7)</sup>によれば、1985 年における都市ガスの二酸化炭素発生原単位は  $4.03\text{ton-C}/10^9\text{kcal}$  であり、本報での使用単位に変換すると  $3.8\text{g-CO}_2/\text{MJ}$  となる。これは生産時の数値であり産業連関分析の値と比較すると約 1 / 3 である。

また電力では産業連関分析の結果の数値の方が低くなっているがこれは、算出基準の違いによるものと考えられる。すなわち、産業連関分析では火力発電のほか原子力、水力など化石燃料によらない発電も含まれているためと考えられる。

日本の電源構成（発電電力量基準）は昭和 60 年において火力 58.3%、水力 12.2%、原子力 29.5% であるのでこの比率にて表 5 - 10 の値を修正すると二酸化炭素発生量は  $110\text{g-CO}_2/\text{MJ}$  となる。この値は採掘、輸送を含んでいるため採掘、輸送を除くと、 $101\text{g-CO}_2/\text{MJ}$  となる。従って産業連関分析の値  $130\text{g-CO}_2/\text{MJ}$  の方が約 29% 大きくなる。これは産業連関分析では発電プラントへの投入エネルギーはもちろんのこと建設、運用、点検・保守等の行為が波及効果を含めて包含されているためである。

またさらに他の文献<sup>12)</sup>からは積み上げ方式での計算で  $100\text{g-CO}_2/\text{MJ}$  との報告がなされている。この場合産業連関分析との差は  $29.5\text{g-CO}_2/\text{MJ}$  であり割合は上記と同様に約 29% 産業連関分析が大きくな



っている。

表 5 - 9 需要端電力 1MJ使用時の C O<sub>2</sub>発生量  
(積み上げ方式による算出結果) (単位 g-CO<sub>2</sub>/MJ)

	石 油	L N G	石 炭
採掘時	1.5	25.7	7.5
輸送時	1.9	3.2	6.5
生産時	4.3	-	-
発電時	190.0	133.3	241.2
合計	197.7	162.2	255.2

表 5 - 10 需要端 1MJ 使用時の C O<sub>2</sub> 発生量  
(積み上げ方式による算出結果) (単位 g-CO<sub>2</sub>/MJ)

	石 油	ガ ス	電 力
採掘時(含液化等)	0.6	9.7	12.6
輸送時	0.7	1.2	3.0
生産時(転換時)	1.6	-	2.0
需要端での使用時	70.6	50.5	171.0
合計	73.5	61.4	188.6



(3) 住宅でのエネルギー使用量、二酸化炭素排出量

住宅でのエネルギー源別の消費エネルギー量の推移を文献<sup>13)</sup>より下記に示す。

表 5 - 1 1 消費エネルギー量の推移

(GJ/m<sup>2</sup>/世帯/year)

	1975年度	1985年度	1990年度
電気	7.82	11.17	13.22
都市ガス	8.00	9.69	10.69
L P G	4.87	6.13	6.20
灯油	9.49	11.27	11.15
合計	30.18	38.26	41.26

(参考文献<sup>13)</sup>より単位をS I単位に変換して掲載)

本章では住宅の運用時での冷暖房給湯照明などの消費エネルギーを上記の値とし、これにより究極的なエネルギー消費量、二酸化炭素発生量を算出することとした。本研究では、1985年産業連関表により分析を行っているため、データは1985年度の数値を採用した。本研究では単位床面積当たりのエネルギー消費量、二酸化炭素排出量を算出するため住戸当たりのエネルギー量を床面積当たりのエネルギー量に変換した。変換にあたっては、1985年着工の住宅の平均床面積83m<sup>2</sup>を用いた<sup>14)</sup>。また計算に当たり上記データでは、都市ガスとL P Gが両方存在しているが、通常一般家庭で使用されるガス種別は1種類が圧倒的に多いと考え、さらに都市ガス普及割合



はLPGに比較して大きいため、両者を一括して都市ガスでの使用エネルギーとして取り扱った。電力、都市ガス、灯油のそれぞれの単位エネルギー使用量あたりの究極的なエネルギー消費量、二酸化炭素排出量は前項で計算された数値を用いた。計算結果を以下に示す。

表5-12 住宅の運用によるエネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量

	単位面積当り エネルギー使用量 (MJ/m <sup>2</sup> ) 注)	究極的エネルギー 消費量 (MJ/m <sup>2</sup> )	CO <sub>2</sub> 排出量 (kg/m <sup>2</sup> )
電力	94.2	259.9	12.2
都市ガス	155.1	188.2	9.7
灯油	114.3	138.6	9.2
合 計	363.6	586.7	31.1

注) (社)資源協会：家庭生活のエネルギー消費量より

事務所建築での単位面積当りのエネルギー消費量、二酸化炭素排出量と住宅のそれを比較すると、エネルギーでは、48%、二酸化炭素排出量では35%となり住宅での割合は低くなっている。

#### (4) 住宅での保守行為によるエネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量

2x4戸建住宅、在来工法戸建住宅、軽量鉄骨戸建住宅、SRC集合住宅の各住宅構造種別毎に更新すべき部位を抽出し、これのエネルギー消費量、二酸化炭素排出量を求めた。対象は文献<sup>13)</sup>において著者らが積み上げ方式にてエネルギー消費量を算定した前述の4タ



イプの住宅であり、更新すべき部材を同一として扱った。各部材毎に見積金額から人件費など付加価値を減じて部材のみの金額を算定し、これを産業連関分析にてエネルギー消費量、二酸化炭素排出量を算出した。算出に際して見積金額が不明のものは使用量から産業連関表の物量表などから平均金額を用いて使用量から金額への変換を行った。さらに建設物価デフレーターを用いて1985年の価格に修正を行った。

戸建住宅と集合住宅では耐用年数に違いがあるため戸建て住宅では耐用年数を30年、集合住宅では60年としておりこの設定は文献<sup>13)</sup>と同様である。また更新については各部材、機器について機能向上は見込んでいない。

各住宅の更新部材名、更新金額、更新回数及び究極的エネルギー消費量、二酸化炭素排出量の計算結果を表5-13~16に示す。表5-13では更新部材の内コロニアル瓦及びビニールクロスからのエネルギー消費量、二酸化炭素排出量が多いことが分かる。この他、配管など給排水設備、カーペットなどが多くなっている。

在来工法と軽量鉄骨の住宅でも同様の傾向が見られる。瓦、給排水衛生設備を除くと仕上げ、防水に関連する石油化学製品の占める割合が大きいことが特徴である。

集合住宅の場合は仕上げ、防水に関連する石油化学製品の占める割合が大きいことは戸建住宅と同様であるが耐用年数が長いことからキッチン、ユニットバス、給湯機などの更新が追加されている。

各構造別の住宅の保守行為によるエネルギー消費量、二酸化炭素排出量をもとめて表5-17に示す。単位面積当たり、一年間のエネルギー消費量では、集合住宅が27MJと高くなっている。一方、戸建住宅では2x4で17.6MJ、在来工法で14.9MJ、軽量鉄骨では23.6MJである。軽量鉄骨住宅は、戸建住宅の中では保守行為によるエネルギー消費量が高い。これは構造の違いによるものではなく、瓦の種類の違い、ビニールクロスの使用量および厚さの違いによるものである。



表5-13 保守・改修エネルギー量、CO2量の算定（2x4住宅；耐用年数30年）

材料*	建設時部材金額*	耐用年数*	更新*	更新金額総計*	エネルギー量	二酸化炭素量
	(円)		(回)	(円)	(MJ)	(kg)
コロニアル瓦	132,210	20-30年	1.0	132,210	8,774	1,082
コロニアル板金	2,205	20-30年	1.0	2,205	101	8
外装吹き付け	76,925	20年	1.0	76,925	3,503	275
浴室タイル	15,360	10-150年	1.0	15,360	726	52
ビニールクロス	259,000	5-20年	1.0	259,000	10,955	822
雨樋類	13,675	5-20年	1.0	13,675	502	38
塗料	12,216	5-10年	2.0	24,432	1,113	87
防水シート、テープ	8,000	5-10年	2.0	16,000	677	51
コーキング類	18,100	10-20年	1.0	18,100	1,572	112
カーペット	87,000	10年	2.0	174,000	5,379	396
畳	12,000	10-20年	1.0	12,000	172	13
ガラス類	30,528	50%破損	0.5	15,264	1,014	75
衛生陶器	89,400	8-20年	1.0	89,400	4,228	301
浴槽	107,000	20年	1.0	107,000	3,927	294
配管類	46,258	20年	1.0	46,258	5,490	513
混合・給水栓	30,910	10年	2.0	61,820	5,072	454
保守・合計					53,205	4,572
単位面積当り保守					527	45
単位面積・一年当り保守					18	2

\*：（社）資源協会：家庭生活のライフサイクルエネルギー、平成6年9月より

表5-14 保守・改修エネルギー量、CO2量の算定（在来工法住宅；耐用年数30年）

材料*	建設時部材金額*	耐用年数*	更新*	更新金額総計*	エネルギー量	二酸化炭素量
	(円)		(回)	(円)	(MJ)	(kg)
屋根材	320,638	20-30年	1.0	320,638	21,279	2,625
タイル	5,678	10-150年	1.0	5,678	269	19
塗料	12,216	2-10年	3.0	36,648	1,669	131
合成樹脂	92,473	5-20年	1.0	92,473	8,031	572
合成ゴム	15,300	5-20年	1.0	15,300	1,370	106
有機化学基礎	35,297	5-20年	1.0	35,297	2,488	183
畳	14,604	10-20年	1.0	14,604	210	15
ガラス類	36,930	50%破損	0.5	18,465	1,226	90
衛生陶器	89,400	8-20年	1.0	89,400	4,228	301
浴槽	107,000	20年	1.0	107,000	3,927	294
配管類	46,258	20年	1.0	46,258	5,490	513
混合・給水栓	30,910	10年	2.0	61,820	5,072	454
保守・合計					55,259	5,303
単位面積当り保守					448	43
単位面積・一年当り保守					15	1

\*：（社）資源協会：家庭生活のライフサイクルエネルギー、平成6年9月より



表5-15 保守・改修エネルギー量、CO2量の算定（軽量鉄骨住宅；耐用年数30年）

材料*	建設時部材金額*	耐用年数*	更新*	更新金額総計*	エネルギー量	二酸化炭素量
	(円)		(回)	(円)	(MJ)	(kg)
コロニアル瓦	405,062	20-30年	1.0	405,062	26,882	3,316
タイル	1,602	10-150年	1.0	1,602	76	5
ガラス類	14,903	50%破損	0.5	7,452	495	36
畳	10,237	10-20年	1.0	10,237	147	11
外装吹き付け	83,521	20年	1.0	83,521	3,803	299
ビニールクロス	709,852	5-20年	1.0	709,852	30,025	2,252
雨樋類	17,887	5-20年	1.0	17,887	656	49
コーキング	500	10-20年	1.0	500	43	3
シーリング	49,200	5-20年	1.0	49,200	4,273	305
接着剤	117,150	5-20年	1.0	117,150	4,955	372
カーペット	80,364	10年	2.0	160,728	4,969	366
衛生陶器	89,400	8-20年	1.0	89,400	4,228	301
浴槽	107,000	20年	1.0	107,000	3,927	294
配管類	46,258	20年	1.0	46,258	5,490	513
混合・給水栓	30,910	10年	2.0	61,820	5,072	454
保守・合計					95,042	8,576
単位面積当り保守					707	64
単位面積・一年当り保守					24	2

\*：（社）資源協会：家庭生活のライフサイクルエネルギー、平成6年9月より

表5-16 集合住宅一戸当り保守・改修エネルギー・二酸化炭素量

躯体耐用年数 60年

部材名称*	建設時部材金額 (円)*	更新周期*	更新回数*	保守改修部材金額*	エネルギー量 (MJ)	二酸化炭素量 (kg)
アスファルト	1,353	30年	1	1,353	548	57
目地	53,000	10年	5	265,000	23,014	1,640
吹き付けタイル	27,152	20年	2	54,304	2,473	194
アクリルリシン	22,036	20年	2	44,072	2,007	158
塩ビシート	62,493	15年	3	187,479	7,930	595
フローリング	70,500	15年	3	211,500	4,994	381
カーペット	92,100	10年	5	460,500	14,236	1,048
ビニールクロス	182,000	15年	3	546,000	23,094	1,732
洗面化粧台	72,000	30年	1	72,000	3,405	242
キッチン	191,300	30年	1	191,300	6,806	571
ユニットバス	724,440	20年	2	1,448,880	53,174	3,979
コンセント、スイッチ等	55,000	30年	1	55,000	1,478	116
受水槽・高架水槽	70,000	30年	1	70,000	4,087	354
排水鉛管	4,632	30年	1	4,632	588	58
ビニール管	4,923	30年	1	4,923	181	14
排気、換気ファン	43,000	30年	1	43,000	1,548	134
鋼管（各種）	50,700	30年	1	50,700	6,407	612
給湯器	96,700	15年	3	290,100	10,730	926
レンジフードファン	50,260	15年	3	150,780	5,427	471
キュービクル		30年	1	1,377	49	4
昇降機設備		25年	2	2,581	98	8
ボンプ	24,000	30年	1	24,000	864	75
保守・改修エネルギー・二酸化炭素排出量					173,139	13,370
延床面積当り保守・改修エネルギー・二酸化炭素排出量					1,623	125
年間保守・改修エネルギー・二酸化炭素排出量					27	2

\*：（社）資源協会：家庭生活のライフサイクルエネルギー、平成6年9月より



表5-17 住宅の保守エネルギー消費量、二酸化炭素排出量

住宅種類		エネルギー (MJ)	二酸化炭素(kg)
2x4戸建	保守・合計	53,205.3	4,572.4
	単位面積当り保守	526.7	45.3
	単位面積・一年当り保守	17.6	1.5
在来工法戸建	保守・合計	55,258.5	5,303.5
	単位面積当り保守	447.9	43.0
	単位面積・一年当り保守	14.9	1.4
軽量鉄骨戸建	保守・合計	95,042.2	8,575.7
	単位面積当り保守	706.5	63.8
	単位面積・一年当り保守	23.6	2.1
SRC集合住宅	保守・合計	173,139.4	13,370.2
	単位面積当り保守	1,622.7	125.3
	単位面積・一年当り保守	27.0	2.1

#### 5 - 4 ま と め

1) 事務所の運用費用は平均で約12,800円/㎡・年、光熱水費は約5,200円/年・㎡・年であった。

2) 事務所運用時の国内生産額の平均は約19,000円/㎡・年、エネルギー消費量の平均は約1,212MJ/㎡・年、二酸化炭素排出量の平均は、約87kg/㎡・年であり、エネルギー消費量と二酸化炭素排出量の約9割は光熱水費に起因するものであった。

3) エネルギー消費の単位金額当たりの原単位の作成に関して、最終需要から計算された究極的国内生産額では、石油の波及効果は1.17倍に過ぎなかったが、都市ガス、電力の波及効果は大きく各々1.53、1.49であった。

4) 単位金額当たりの原単位を用い、需要端での単位エネルギー使用量あたりのCO<sub>2</sub>発生量で、都市ガスと石油を比較すると二酸化炭素発生量は、石油が高いものの、全体に占める生産時での二酸化炭素発生割合では、都市ガスのほうが高くなっていることがわかった。



た。

5) 作成された原単位の二酸化炭素発生量においての産業連関分析と積み上げ方式との比較すると産業連関分析での算出結果のほうが高くなる結果となった。電力を例にとると約29%産業連関分析での計算結果が大きくなっていた。

これは産業連関分析では、エネルギー産業での投入エネルギーはもちろんのこと、プラントの建設、運営、保守などの行為もすべて対象となるからである。これに対して積み上げ方式ではこれらの行為すべてについて詳細にデータを積み上げることが困難なことから計算対象が限定されがちである為である。

6) 住宅の運用時のエネルギー消費量、二酸化炭素排出量はそれぞれ、 $587\text{MJ}/\text{m}^2\text{年}$ 、 $31\text{kg}/\text{m}^2\text{年}$ であり、事務所建築での単位面積当りのエネルギー消費量、二酸化炭素排出量と住宅のそれを比較すると、エネルギーでは、48%、二酸化炭素排出量では35%となり住宅での割合は低くなっている。

7) 各構造別の住宅の保守行為によるエネルギー消費量、二酸化炭素排出量を算出した。単位面積当たり、一年間のエネルギー消費量では、集合住宅が $27\text{MJ}$ と高くなっている。一方、戸建住宅では2x4で $17.6\text{MJ}$ 、在来工法で $14.9\text{MJ}$ 、軽量鉄骨では $23.6\text{MJ}$ である。軽量鉄骨住宅は、戸建住宅の中では保守行為によるエネルギー消費量が高い。



[ 5 章 : 参 考 文 献 ]

- 1) 通商産業調査会 : 昭和 60 年 産 業 連 関 表 , 磁 気 テ ー プ , 平 成 元 年
- 2) 石油産業活性化センター : 炭酸ガス温室効果と我が国石油産業  
の対応に関する調査報告書 , 平成元年
- 3) ( 社 ) 建 築 ・ 設 備 維 持 保 全 推 進 協 会 , ( オ ー ム 社 ) ビ ル デ ィ ン グ ・  
L C ビ ジ ネ ス 百 科
- 4) 野城智也他 : 東京都中央区における事務所建築の寿命実態、日本  
建築学会計画系論文報告集第 413 号 , pp. 139 ~ 149 , 1990 年 7 月
- 5) 尾島俊雄 : 建築の光熱水費 - 企画・設計・管理者の手引き -, 丸  
善株式会社, 昭和 59 年
- 6) 財団法人 ビルメンテナンス協会 : 平成 2 年 ビルメンテナンス  
原価計算の手引き ( 1 ) , 平成 2 年 3 月
- 7) 都市ガス製造業における CO<sub>2</sub> 排出量と将来展望について 財団  
法人 日本エネルギー経済研究所資料
- 8) 火力発電所大気影響評価技術実証調査報告書 財団法人 エネル  
ギー総合工学研究所 1990 年 3 月
- 9) 採掘から燃焼までトータルな温室効果からみた化石燃料の比較  
財団法人日本エネルギー経済研究所資料 1991 年 6 月 24 日
- 10) 炭酸ガス温室効果とわが国石油産業の対応に関する調査報告書  
( 財 ) 石油活性化センター 平成元年 3 月
- 11) 電気事業便覧 平成 4 年度版 電気事業連合会統計委員会編
- 12) スーパーヒートポンプエネルギー集積システムの研究開発 ( トー  
タルシステムの研究 ) ( 財 ) ヒートポンプ技術開発センター平成  
2 年 3 月
- 13) 家庭生活のライフサイクルエネルギー、社団法人資源協会編、平  
成 6 年 9 月
- 14) 建設統計要覧平成 6 年度版、建設物価調査会、平成 6 年 1 月



## 第 6 章

解体時のエネルギー消費量、  
二酸化炭素排出量



## 6 - 1 概要

本章では産業連関表を利用して、SRC造の事務所の解体時に必要な資源量、エネルギー消費量、二酸化炭素排出量を求め、解体時の単位面積当たりの原単位として定量化した。

また住宅の解体の既存文献調査より住宅での解体原単位を提示した。

解体時には粗負荷価値（その多くは人件費）が大きくなると共に、解体後の建物が産業廃棄物として運搬される割合が圧倒的に大きくなる。この運搬はトラック輸送となるので、これよりエネルギー消費がなされ二酸化炭素が発生するという特徴がある。

さらに解体時にも重機を使用するため、これからもエネルギー消費がなされ二酸化炭素が発生する。

## 6 - 2 事務所建築の分析

### (1) 対象建物

調査分析対象建物は、東京都中央区に建設されていた地上9階、地下1階のSRC造事務所建築であり、延べ床面積は14,586㎡である。

建築年次は、旧館（B1～7階）が1931年。新館（B1～8階）が1961年、塔屋（3階）が1961年。旧館8階増築が1961年であった。新館9階増築が年不明である。解体工期は1991年5月8日から1992年1月31日の、約9ヶ月である。

表6-1に対象建物の概要を、表6-2に解体工事施工範囲を、表6-3に解体工事の流れを、それぞれ示す。また図6-1に建物平面を示す。



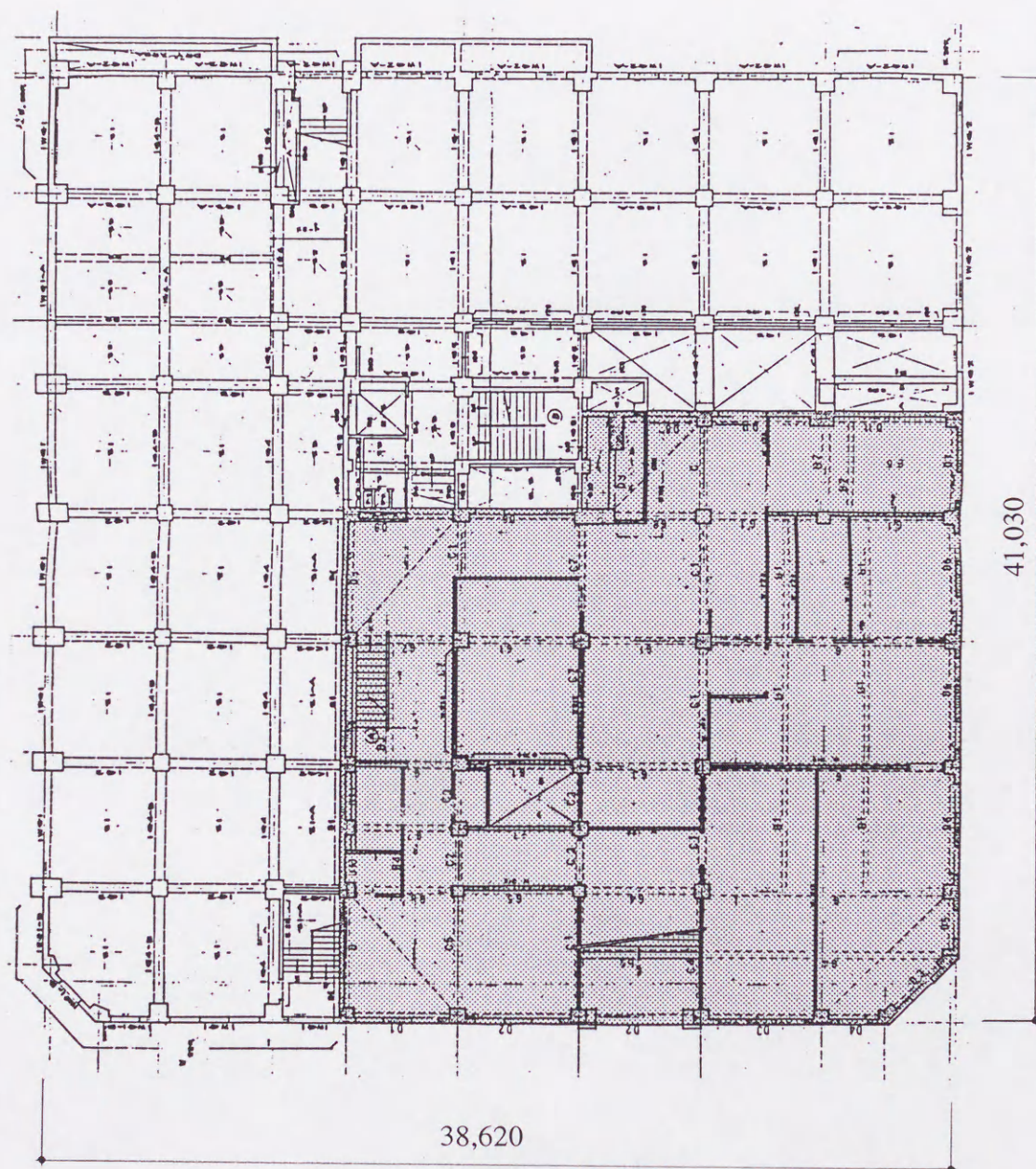


図 6 - 1 分析対象建物の 1 階梁伏図

(ハッチ部分は旧館を示す。その他は新館)



表 6 - 1 対象建物の概要

構造	SRC造 地上 9 階 地下 1 階 1 棟
最高高さ	38.0 m
一般階高	29.8 m
最高深さ	7.1 m
敷地面積	1746.2 m <sup>2</sup>
建築面積	1578 m <sup>2</sup>
延床面積	14586 m <sup>2</sup>

表 6 - 2 解体工事施工範囲

①	解体範囲：A) 上屋部分 B) 基礎及び地下部分
②	架設養生足場
③	各種既存設備配管の切留、切り廻し
④	返納品の取り外し運搬
⑤	各種申請許可書類（特定建設作業届）
⑥	仮設散水設備
⑦	既存杭の引き抜き解体及び処分
⑧	山留め
⑨	その他

表 6 - 3 解体工事の流れ

①	法定諸届、手続き
②	解体建築物の記念保存品
③	産業廃棄物の処理
④	外部足場補強（一般部、7階講堂、1階搬出路）
⑤	スラ機揚重及び無線塔撤去
⑥	外部看板撤去
⑦	煙突及び塔屋解体
⑧	9階S造解体
⑨	講堂スラ解体及び外壁倒し
⑩	各階外壁倒し割付
⑪	1階、2階外壁倒し割付
⑫	



## (2) 最終需要額と国内生産額

解体工事の見積書から費用を標準歩掛<sup>1) 2)</sup>によって分類した。表6-4に解体工事の工事項目を、表6-5に最終需要額と国内生産額を示す。解体工事の各工事の延床面積当たりの費用は、仮設工事が2561円/m<sup>2</sup>。解体工事が9210円/m<sup>2</sup>。処分・運搬工事が5068円/m<sup>2</sup>となった。

このうち解体工事の各解体費用が全体に占める割合は、それぞれ、SRC造躯体解体費が69%、無線塔解体費が1.7%、看板解体費が0.8%、基礎一部解体費が13.5%となった。また処分運搬工事の各費用が全体に占める割合は、それぞれ、設備類撤去処分費が17%、同上発生ガラ搬出処分費が64%、残置物搬出処分費が15%、重機揚重及び運搬費が4%となった。

このうち解体工事の防音パネルは建築用金属製品に分類した。また、現場で購入した石油製品(軽油+油脂)はすべて軽油として扱った。散水工事として計上されていた費用はすべて上水代とした。この他、現場経費+一般管理費は昭和60年度有価証券報告書<sup>3)</sup>の分類を使用した。

表6-5は406部門の基本表分類を12の産業部門に統合した表である。国内生産額は最終需要をもとに逆行列によって求めた額である。国内生産額15,266円/m<sup>2</sup>は、最終需要9,282円/m<sup>2</sup>の1.65倍となる。一般には粗負荷価値も含めて、波及効果を求めるため、建築費全体の波及効果は1.24倍とかなり低い。また粗負荷価値の割合が0.62となり一般建築工事の50%増となっているのも解体工事の特徴である。



表 6 - 4 解体工事の工事項目

工 事	工 事 項 目
仮 設 工 事	( 1 ) 枠 組 み 足 場 防 音 パ ネ ル 工 事 ( 2 ) 朝 顔 養 生 ( 3 ) 同 上 角 加 工 ( 4 ) パ ネ ル ゲ ー ト 工 事 ( 5 ) ガ ラ 受 け 水 平 棚 養 生
内 部 工 事	( 1 ) 内 部 工 事 ( 簡 易 足 場 ・ 造 作 撤 去 揚 )
養 生	( 1 ) 地 上 部 重 機 作 業 床 養 生 ( 強 力 サ ポ ー ト ) ( 2 ) 地 上 部 重 機 作 業 床 養 生 ( H 型 鋼 )
そ の 他	( 1 ) 散 水 工 事 ( 2 ) 保 守 盛 替
内 部 造 作 解 体 工 事	( 1 ) 内 部 造 作 解 体 処 分
解 体 工 事	( 1 ) S R C 造 軀 体 解 体 ( 2 ) 無 線 塔 解 体 ( 3 ) 看 板 解 体 ( 4 ) 基 礎 一 部
処 分 ・ 運 搬	( 1 ) 設 備 類 撤 去 処 分 ( 2 ) 同 上 発 生 ガ ラ 搬 出 処 分 ( 3 ) 残 置 物 搬 出 処 分 ( 4 ) 重 機 揚 重 及 び 運 搬



表 6 - 5 解体工事 1 m<sup>2</sup> 当たりの産業部門別最終需要額  
と究極的な国内生産額

(単位：円 / m<sup>2</sup>)

産業部門	解体工事費	国内生産額
1. 農林・水産・鉱業・食料	0	4 9
2. 繊維・紙・木製品	7 2	4 1 8
3. 科学・石油・石炭製品	1 0 6	8 5 5
4. 窯業・土石製品	0	3 0
5. 鉄鋼・非鉄金属	7 6	1 6 9 6
6. 金属製品	1 9 8 1	2 1 1 7
7. 電気・輸送・精密等機械	5 2 2	1 0 0 5
8. その他の製造業	0	9 7
9. 電力・ガス・水道・廃棄物	2 6 9	2 8 5
10. 商業・金融・保険・不動産	4 3 6	1 3 0 1
11. 運輸	5 1 2 5	6 0 4 5
12. その他のサービス業等	6 9 5	1 3 6 7
合計	9 2 8 2	1 5 2 6 6
直接粗負荷価値 (A)	1 5 4 2 3	—
建設費 (B)	2 4 7 0 5	2 4 7 0 5
(A) / (B)	0. 6 2	—

### (3) 主要資源量とエネルギー消費量

物量表<sup>4)</sup>を使用して国内生産額から究極的に消費される主要資源量を求めた。産業連関表では最終需要に合わせて、全産業部門での主要資源量が計算されるが、解体現場での石油製品は燃料として消費されたと考え、その分を追加した。

ただし、石油製品の製造、運搬に必要な資源量は産業連関表の計算に含まれている。解体現場で購入された石油製品は全て、軽油と想定し、ディーゼルエンジンに使用されたとした。



解体工事現場で消費されるエネルギーは1 m<sup>2</sup>当たり軽油：1.2% / m<sup>2</sup>、熱量：45.6 MJ / m<sup>2</sup>、となる。表6-6に解体工事1 m<sup>2</sup>あたりに必要な主要資源を、表6-7に各種エネルギーの発熱量<sup>5)</sup>を、表6-8に解体1 m<sup>2</sup>あたりに必要な消費エネルギー量を、それぞれ示す。

表6-6 解体工事1 m<sup>2</sup>あたりに必要な主要資源

(単位： / m<sup>2</sup>)

資源	資源等の量
1. 素材 (国産) (m <sup>3</sup> )	0. 0 0 1
2. 素材 (輸入) (m <sup>3</sup> )	0. 0 0 1
3. 鉄鋼石 (kg)	0. 0 0 5
4. 石灰石 (kg)	1. 3 2 1
5. 原料炭 (国産) (kg)	0. 1 2 8
6. 原料炭 (輸入) (kg)	2. 2 3 9
7. 一般炭亜炭 (国産) (kg)	0. 2 3 6
8. 一般炭亜炭 (輸入) (kg)	0. 3 7 3
9. パルプ (kg)	0. 0 9 3
10. 揮発油 (%)	0. 7 6 3
11. ジェット燃料油 (%)	0. 0 3 3
12. 灯油 (%)	0. 7 6 7
13. 軽油 (%)	2. 1 3 5
14. A重油 (%)	0. 5 8 1
15. B, C重油 (%)	1. 4 1 6
16. ナフサ (%)	0. 2 7 1
17. コークス (%)	0. 2 1 2
18. セメント (kg)	0. 1 4 4
19. 生コンクリート (%)	0. 1 6 7
20. 耐火物 (kg)	0. 0 1 2
21. 銑鉄 (kg)	3. 0 9 4
22. フェロアロイ (kg)	0. 0 8 7
23. 粗鋼 (kg)	4. 1 5 3
24. 銅 (kg)	0. 0 1 0
25. 鉛 (kg)	0. 0 0 8
26. 亜鉛 (kg)	0. 0 3 0
27. アルミニウム (kg)	0. 4 7 8
28. 再生アルミニウム (kg)	0. 2 3 6
29. 事業用電力 (kWh)	1 0. 1 9 6
30. 都市ガス (m <sup>3</sup> )	0. 0 8 2
31. 熱供給業 (MJ)	0. 0 9 6
32. 原油 (%)	6. 0 4 2
33. 天然ガス (kg)	0. 5 2 4
34. L P G (kg)	0. 2 1 8



表 6 - 7 各種エネルギーの発熱量

製品	単位	発熱量 ( M J )
揮発油	ℓ	3 5 . 9
灯油	ℓ	3 7 . 2
軽油	ℓ	3 8 . 5
A 重油	ℓ	4 1 . 4
B, C 重油	ℓ	4 1 . 4
原油	ℓ	3 9 . 3
L N G	k g	5 5 . 6
L P G	k g	5 3 . 7
国内炭	k g	2 4 . 2
輸入炭	k g	2 5 . 9
コークス	k g	3 0 . 1

表 6 - 8 解体 1 m<sup>2</sup> 当りに必要な消費エネルギー量

( 単位 : M J / m<sup>2</sup> )

発生源	エネルギー量
1. 原料炭 ( 国産 )	2 . 9
2. 原料炭 ( 輸入 )	5 8 . 1
3. 一般炭 亜炭 ( 国産 )	5 . 9
4. 一般炭 亜炭 ( 輸入 )	1 0 . 0
5. 揮発油	1 3 . 8
6. ジェット燃料	1 . 3
7. 灯油	1 2 . 5
8. 軽油	2 7 1 . 3
9. A 重油	1 3 . 8
10. B, C 重油	4 6 . 8
11. コークス	6 . 3
12. 天然ガス	3 0 . 1
13. L P G	1 3 . 0
合計	4 8 6 . 1



( 4 ) 二酸化炭素排出量

主要資源量から、CO<sub>2</sub>発生源単位<sup>5)</sup>を使用して、CO<sub>2</sub>発生量を求めた。解体現場から発生するCO<sub>2</sub>量は軽油使用量にCO<sub>2</sub>発生原単位を乗じて求めた。

表6-9に、解体工事1m<sup>2</sup>当たりのCO<sub>2</sub>発生量を示す。解体工事1m<sup>2</sup>当たりの二酸化炭素発生量は、波及効果を含めて36.5kgであり、このうち軽油分が19kgと半分以上を占める。これは前述の如く、解体現場での重機械の使用及び廃棄物の輸送によるものである。

本章では、解体行為の分析であるため、産業廃棄物も生産額当たりの原単位から求めた。これを表6-10に示す。廃棄物量は単位面積当たり約3.7tであり、解体現場から排出される廃材、木くず等が全体の、99.86%を占める結果となっている。

表6-9 解体工事1m<sup>2</sup>当たりのCO<sub>2</sub>発生量

( 単位 : kg / m<sup>2</sup> )

発 生 源	CO <sub>2</sub> 発生量
原料炭 ( 国産 )	0. 4
原料炭 ( 輸入 )	6. 1
一般炭 亜炭 ( 国産 )	0. 7
一般炭 亜炭 ( 輸入 )	1. 1
揮発油	0. 9
ジェット燃料	0. 1
灯油	0. 9
軽油	19. 0 *
A重油	0. 9
B, C重油	3. 5
コークス	0. 7
セメント	0. 0
天然ガス	1. 5
LPG	0. 8
合 計	36. 5

\*現場消費 ( 3.2kg / m<sup>2</sup> ) を含めて19kg / m<sup>2</sup>



表 6 - 1 0 解体工事 1 m<sup>2</sup> 当たりの産業廃棄物量

(単位 : kg / m<sup>2</sup>)

項目	産業廃棄物量
汚泥	2. 3
排酸、排アルカリ 廃油、排プラスチック	1. 8
くず類	0. 2
燃えがら、鉋さい ダスト類、その他	0. 8
建設廃材 (解体時)	3 7 2 2. 0
建設木くず	8. 2
計	3 7 1 5. 4 (解体時の産業廃棄物量が 全体の 99. 86%)

( 5 ) インテンシティー

表 6 - 1 1 に消費エネルギー、CO<sub>2</sub>量、NO<sub>x</sub>、廃棄量を体工事費で除したインテンシティーを示す。新築工事<sup>6) 7)</sup>と比較すると、消費エネルギーのインテンシティーは低いものの、道路貨物の割合が高いためにNO<sub>x</sub>は大きい。また廃棄物量のインテンシティーも大きい。



表 6 - 1 1 解体工事と一般ビル新築時<sup>7)</sup>の  
インテンシティー比較

	解体工事	新築工事
消費エネルギー	19.7MJ／千円	31.6MJ／千円
C O <sub>2</sub>	1.48kg／千円	2.97kg／千円
産業廃棄物 (解体時を含む)	150.39kg／千円	0.95kg／千円

注) 解体工事のインテンシティーは解体工事見積書の単位金額当り、新築工事の  
インテンシティーは新築工事見積書の単位金額当りの消費エネルギー量、C O<sub>2</sub>発生量

### 6 - 3 住宅の分析

#### ( 1 ) 概要

戸建住宅の解体に係わるエネルギー消費量、二酸化炭素排出量は文献<sup>8)</sup>より原単位を得た。また、SRC集合住宅についても、同様とした。さらにこの数値と事務所建築の値比較した。以下にその内容を記す。

#### ( 2 ) 戸建住宅の解体原単位

文献<sup>8)</sup>による解体分析対象建物は、以下の通りである。



所在地	世田谷区
延床面積 ( m <sup>2</sup> )	730.86
構法	在来軸組
屋根	瓦
外壁	メタルラス、モルタル
階数	2
解体方法	機械
使用重機 ( t )	7 ( 2 機 )
解体準備日数	0.5
躯体解体日数	3.0
基礎解体日数	2.5
総人工数	42

(財)日本木材総合情報センター：木質系資材等地球環境影響調査報告書（平成6年3月）より

文献による上記対象建物の調査結果および当該データより計算されるエネルギー消費量、二酸化炭素排出量原単位は、以下に示すとおりである。なお数値は、文献に表示されたものをS I単位系に換算して表示してある。

重機総運転時間	53.5 h
重機燃費	10.0 l/h

廃棄物搬出車両数	
2 t 車	1 台
3 t 車	4 台
4 t 車	10 台
10 t 車	11 台

車両燃費	
2 t 車	8.0 km/l
3 t 車	7.0 "
4 t 車	6.0 "
10 t 車	1.5 "

車両の走行距離	100 km
---------	--------



軽油の発熱量	38.5	MJ/l
軽油の二酸化炭素排出量	70.6	g/MJ
<hr/>		
エネルギー消費量原単位	78.7	MJ/m <sup>2</sup>
二酸化炭素排出量原単位	5.58	kg/m <sup>2</sup>
<hr/>		

(財)日本木材総合情報センター：木質系資材等地球環境影響調査報告書（平成6年3月）より

上記の様に、解体に際して、エネルギー消費、二酸化炭素排出を伴うものとしては、解体現場での重機の使用及び廃棄物の搬出のための車両の使用である。

科学技術庁の算定値<sup>9)</sup>によれば、解体エネルギーは木造在来軸組構法で117MJ/m<sup>2</sup>、木質パネル構法で79MJ/m<sup>2</sup>、鉄骨軸組構法で50MJ/m<sup>2</sup>、としているが、これは解体の直接投入エネルギーを建設投入エネルギーの10%としている概算値でありあくまで参考値として捉えるべきと考えられる。但し、数値のオーダーは合致しており上記分析が妥当性を欠くものではないといえる。

### (3) 集合住宅の解体原単位

科学技術庁の算定値<sup>9)</sup>によれば、解体エネルギーはフレキシブルコンクリート構法集合住宅で171MJ/m<sup>2</sup>としているが、前記の様に建設投入エネルギーの10%を仮定した概算値であるため、文献<sup>10)</sup>による値を採用した。以下にその概要を記述する。

延床面積 (m <sup>2</sup> )	5,000
構法	RC造
屋根	陸屋根
外壁	タイル張り
階数	8
解体方法	機械
使用重機	2機
解体準備日数	16
解体日数	62



---

解体時の燃料消費量	12,560リットル
搬出時の燃料消費量	42,620リットル
燃料使用量合計値	55,180リットル
軽油の発熱量	38.5 MJ/l
軽油の二酸化炭素排出量	70.6 g/MJ

---

エネルギー消費量原単位	424 MJ/m <sup>2</sup>
二酸化炭素排出量原単位	29.9 kg/m <sup>2</sup>

---

(財)日本木材総合情報センター：木質系資材等地球環境影響調査報告書（平成6年3月）より

R C 事務所建築の延べ床面積当たりの解体に要するエネルギー量、二酸化炭素排出量はそれぞれ 486 MJ/m<sup>2</sup>、36.5 kg/m<sup>2</sup>であり、集合住宅の値よりそれぞれ15%、22%大きい値を示している。

#### 6 - 4 まとめ

本章では地上9階地下1階、延べ床面積14,586m<sup>2</sup>のSRC造事務所ビルの解体工事を対象に、エネルギー消費量、二酸化炭素排出量、産業廃棄物量を求め、原単位化した。また、住宅に関しては適切な解析事例が見あたらないことから既存文献より原単位を設定した。

事務所の解体の解析より以下の知見を得た。

(1) 直接粗負荷価値が解体工事費の62%を占め、新築工事より50%程度高い。材料費の割合が小さく、人件費の割合が高い、従って国内生産額の波及効果も小さい。

(2) 主要資源では道路貨物による軽油の消費割合が高い。その中



でも原料炭、軽油、重油の消費が大きい。

(3) また解体後の建築残骸が大きく、これを産業廃棄物に含めると建物残骸は、99.86%を占めることになり、解体工事の大きな特徴となっている。

(4) 解体工事費千円当たりのインテンシティを求めると、エネルギー量は  $19.7\text{MJ}/\text{千円}$  と一般建築工事の60%程度である。

産業廃棄物は  $150.39\text{kg}/\text{千円}$  と大きい。

また、住宅の解体に関しては、以下の値を設定した。

(1) 住宅の解体エネルギー消費量は、戸建住宅で  $78.7\text{MJ}/\text{m}^2$ 、集合住宅では  $424\text{MJ}/\text{m}^2$ 、二酸化炭素排出量は、それぞれ  $5.58\text{kg}/\text{m}^2$ 、 $29.9\text{kg}/\text{m}^2$  とした。

#### 「6章参考文献」

- 1) 財団法人 建設物価調査会：建設工事標準歩掛，第27版，昭和61年
- 2) 財団法人 建設物価調査会：標準工事歩掛要覧，改訂7版，平成5年
- 3) 大蔵省印刷局：有価証券報告書総覧，清水建設，昭和61年3月
- 4) 通商産業調査会：昭和60年産業連関表，磁気テープ，平成元年
- 5) 石油産業活性化センター：炭酸ガス温室効果と我が国石油産業の対応に関する調査報告書，平成元年



- 6) 岡 建雄：産業連関表による建築物の評価，その1．省エネルギーと一般事務所ビルの比較，日本建築学会計画系論文報告集，第359号，pp.17～23，昭和61年6月
- 7) 竹林芳久、岡 建雄 他：産業連関表による建築物の評価，その2．事務所建築の建設による環境への影響，日本建築学会計画系論文報告集，第431号，pp.31～38，1992年1月
- 8) 財団法人日本木材総合情報センター：木質系資材等地球環境影響調査報告書、平成5年3月
- 9) (社)資源協会：家庭生活のライフサイクルエネルギー、平成9年9月12日
- 10) 財団法人日本木材総合情報センター：木質系資材等地球環境影響調査報告書、平成6年3月
- 11) 建設物価調査会：建設部門分析用産業連関表，平成元年11月
- 12) 資源エネルギー庁編：総合エネルギー統計，1990年
- 13) 財団法人 建設物価調査会：建設統計年報 平成4年度版，平成4年8月
- 14) 建設資料研究所：積算ポケット手帳，1993前期編、1993設備編、1992外廻り工事編，1992年12月
- 15) 財団法人 経済調査会：建築工事の積算，平成4年11月
- 16) 財団法人 経済調査会：建築設備工事の積算，平成4年9月
- 17) 建設工業経営研究会：建設工事原価分析情報，大成出版，昭和62年7月



## 第7章 ライフサイクル評価



## 7-1 概要

本章では、本論文の第3章から第6章にて示した事務所建築、住宅建築のそれぞれ建設段階、運用段階、解体段階でのエネルギー消費量、二酸化炭素排出量の定量化を総合して、ライフサイクルでのエネルギー消費量(LCE)、二酸化炭素排出量(LCCO<sub>2</sub>)の定量化を行い、さらに省エネルギー建築が建築物のライフサイクルに与える影響について概略値を算定し、検討する。

## 7-2 LCE, LCCO<sub>2</sub>の定量化

表7-1、図7-1、7-2にそれぞれ事務所建築、集合住宅、木造戸建住宅、軽量鉄骨造戸建住宅のライフサイクルエネルギー(LCE)、ライフサイクルCO<sub>2</sub>を示す。それぞれ建物存続期間は事務所40年、集合住宅60年、戸建住宅30年である。事務所建築のLCEでは、トータルで単位面積当たり約60GJでありこのうち約80%を運用段階での消費が占める。集合住宅では合計47GJのうち約75%である35GJを運用段階がしめる。戸建住宅では合計で木造で21GJ、軽量鉄骨で23GJであった。この場合も運用段階でのエネルギー消費量が圧倒的に大きいことがわかった。

LCCO<sub>2</sub>では事務所建築で4,500kg/m<sup>2</sup>、集合住宅では2,900kg/m<sup>2</sup>、木造戸建住宅では1,300kg/m<sup>2</sup>、軽量鉄骨戸建住宅では1,500kg/m<sup>2</sup>であった。二酸化炭素排出量の場合は、エネルギー消費量に比較して建設段階での割合が若干大きい。例えば集合住宅では建設段階での二酸化炭素発生量の全体に占める割合は約30%でありエネルギー消費量の約20%と比較して10%程度大きい。この原因としては建設段階で消費されるセメントの製造過程に



において化学反応で二酸化炭素が発生することが考えられる。また運用段階では単位消費熱量当りの二酸化炭素発生が比較的少ないLNG系の都市ガスの消費があることなども原因と考えられる。

つぎにここで定量化したLCE、LCCO<sub>2</sub>を他の文献での値と比較を試みた。他の文献ではライフサイクルにわたる定量化を行っているものが見当たらないためここでは建設時の値のみで、且つ、本論文で扱うすべての建物用途、構造には対応できないため、あくまで参考値である。比較結果を表7-2に示す。表7-2において木造住宅での積み上げ方式での分析結果とはほぼ一致する値を得た。しかしながら対象とした住宅は本論文と同一ではなく比較に際しては留意する必要がある。集合住宅では科学技術庁の昭和55年での積み上げ方式の試算結果があるが本論文での対象とした集合住宅とは年代が異なり住宅の構造、内装、設備機器などに差異があると考えられ、本論文との差がこれらの要因から発生しているのか、あるいは方式の差から発生しているのかは定かでない。事務所建築では米国の産業連関方式での計算結果と類似の結果が得られた。

表7-1 単位面積当りのLCE (MJ / m<sup>2</sup>)、LCCO<sub>2</sub> (kg / m<sup>2</sup>)

	建設時	運用時		解体時	耐用年数
		運用	更新		
LCE					
事務所建築	8,950	1,212	37	486	40年
SRC集合住宅	8,900	587	27	424	60年
木造戸建	2,700	587	17	79	30年
軽量鉄骨	4,600	587	24	79	30年
LCCO <sub>2</sub>					
事務所建築	790	87	3	37	40年
SRC集合住宅	900	31	2	30	60年
木造戸建	250	31	2	6	30年
軽量鉄骨	420	31	2	6	30年



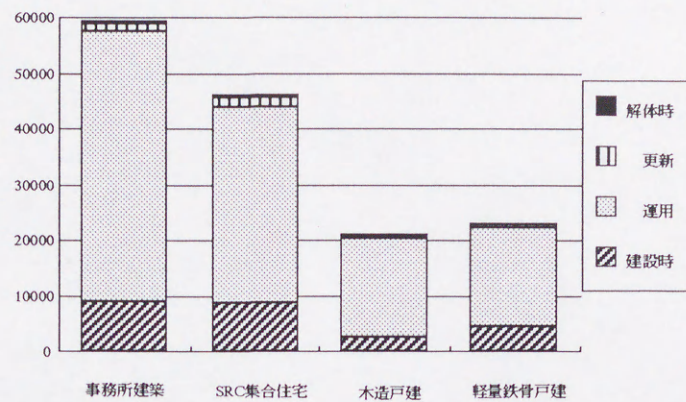


図7-1 各種建築のライフサイクルエネルギー (MJ)

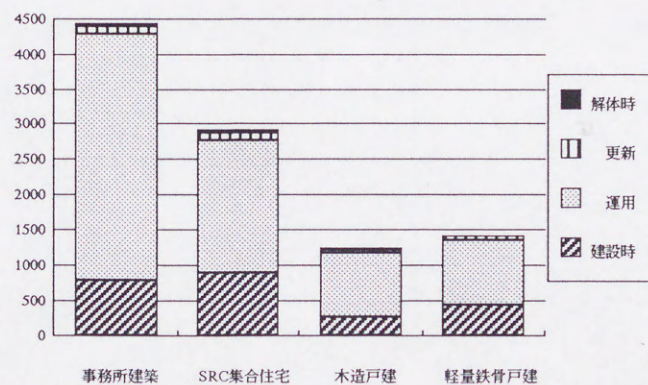


図7-2 各種建築のライフサイクルCO2 (kg)

表7-2 結果の比較 (エネルギー消費量)

項 目	本論文での値	他文献での値
木造戸建住宅建設	2700MJ / m <sup>2</sup>	2900MJ / m <sup>2</sup> (積上方式：野城ら <sup>1)</sup> )
集合住宅建設	SRC - 8900MJ / m <sup>2</sup>	RC - 6300MJ / m <sup>2</sup> (積上方式：科技庁 <sup>2)</sup> )
事務所建設	8950MJ / m <sup>2</sup>	8400MJ / m <sup>2</sup> (産業連関：B. Hannon <sup>3)</sup> )



図 7-1、7-2 での住宅の LCE, LCCO<sub>2</sub> は集合住宅で耐用年数が 60 年、戸建て住宅では 30 年としての計算であったため、これらを同一期間にて比較するため戸建て住宅のエネルギー消費量、二酸化炭素排出量を 2 倍（即ち、同一建物が 60 年間に 2 回建設されたと仮定）したものを図 7-3、7-4 に示す。

エネルギー消費量でみると集合住宅では単位面積当たり 46GJであり軽量鉄骨戸建住宅の値とほぼ同一の値であり、木造戸建住宅はこれらより若干低い 42GJ となった。集合住宅と軽量鉄骨戸建住宅では建設、運用、更新、解体の比率も類似している。

木造戸建住宅では他の構造と比較して建設でのエネルギー消費量が低いことが特徴として挙げられる。これはエネルギー消費量の低い木材を構造材として利用していることが挙げられる。次に LCCO<sub>2</sub> でみると集合住宅では単位面積当たり 2,900kg であり軽量鉄骨戸建住宅では約 2,800kg とほぼ同一の値を示しており LCE と同様である。またこれらの建設、運用、更新、解体の比率も類似している。

木造戸建住宅では約 2,500kg であり LCE 同様他の構造の住宅より若干低く、この主要因は建設時に構造材として木材を使用していることである。

他の類似研究では幾例か木材の二酸化炭素固定量を差し引く計算を行っているものもみられるが、本研究では木材の二酸化炭素固定量を減じる方法は採用していない。この理由としては、建設時のみを論じる場合はその様な考え方もあるがライフサイクルでみると建設時に固定されている二酸化炭素が廃棄処分の時点で焼却などにより大気に再放出されてしまうためである。また焼却されなかった場合も生物分解などにより長期的には大気中に再放出されてしまうためである。



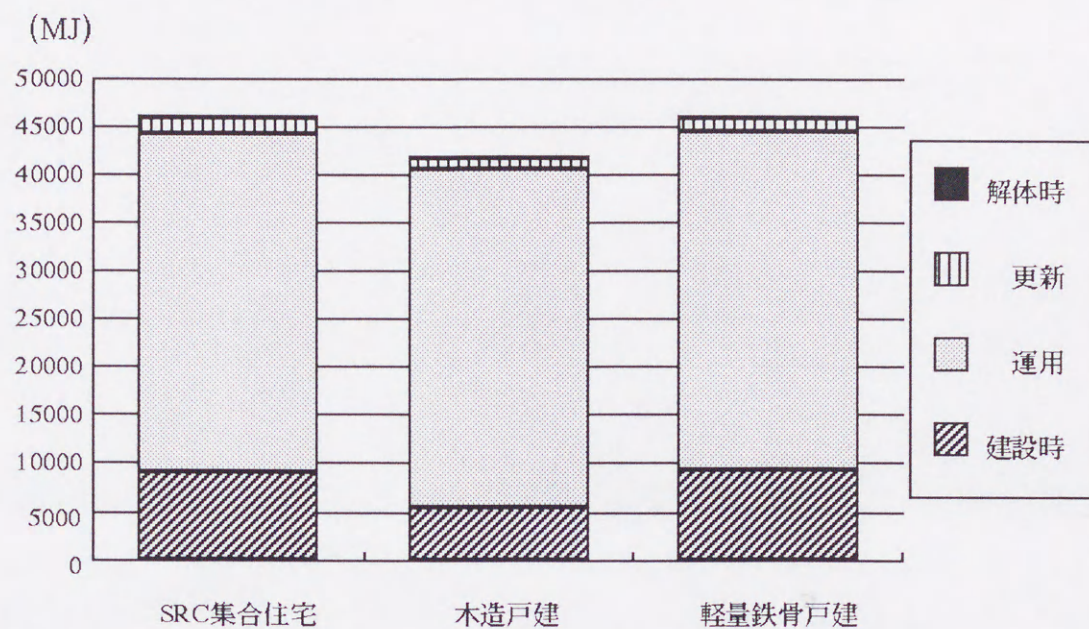


図7-3 使用期間60年間の住宅のライフサイクルエネルギー

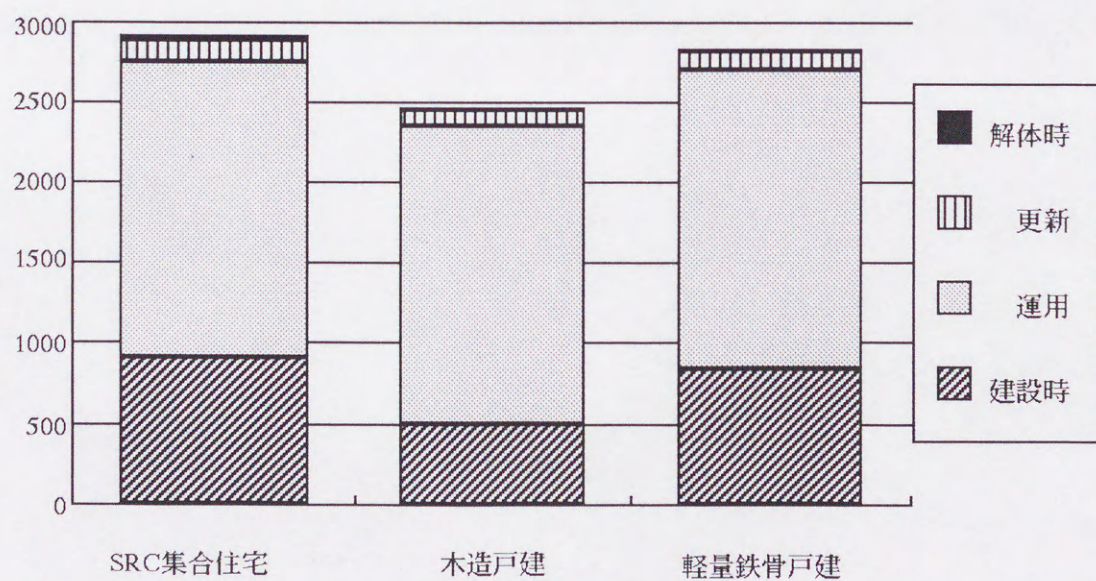


図7-4 使用期間60年の住宅建築のライフサイクルCO<sub>2</sub> (kg)



### 7-3 LCE, LCCO<sub>2</sub> 低減方策の検討

#### (1) 省エネルギー技術導入の効果検討

##### (a) 事務所建築での効果の検討

事務所建築に各種省エネルギー技術を導入した場合のライフサイクルでのエネルギー消費量、二酸化炭素排出量の低減効果を定量化するため参考文献<sup>4)</sup>でのエネルギー計算結果から産業連関分析にて算出された各種の原単位を利用して究極的なライフサイクルエネルギー、ライフサイクルCO<sub>2</sub>を算出した。表7-3に参考文献でのエネルギー計算対象の事務所建築を示す。計算対象は3種類であり、小規模、中規模、大規模の規模で分類されている。それぞれについて標準ビル、省エネビルを設定しこれらの年間エネルギー計算を実施し、エネルギー消費量の差異を定量化している。省エネビルに導入されている省エネ技術は表7-4の通りであり断熱の強化、高効率照明の採用、外気処理での全熱交換器の採用など現在でもある程度普及しており経済的観点からも現実的なものが対象となっている。

次に表7-5に標準ビルの建設費用を示す。これも同様に参考文献での試算値である。

これをもとに産業連関表から計算される各工事区分別の単位金額当りの究極的エネルギー消費量、二酸化炭素排出量を乗じて、建設時の標準ビルの究極的エネルギー消費量、二酸化炭素排出量を算出した。これを表7-6、7-7に示す。

次に、省エネルギー技術導入による建設価格の上昇さらにこれによる究極的エネルギー消費量、二酸化炭素排出量の上昇を表7-8に示す。エネルギー消費量、二酸化炭素排出量の省エネルギー技術導入による上昇はいずれの規模においても約3%前後であり少ないと言える。

次に表7-9に運用時の直接消費エネルギーとこれから産業連関分析



によって計算される究極的エネルギー消費量、二酸化炭素排出量を示す。小規模ビルでの省エネルギー技術導入による二酸化炭素削減効果は28%であり、中規模ビルでは31%、大規模ビルでは29%であり、いずれも30%前後の数値を示している。建設時における究極的エネルギー消費量、二酸化炭素排出量の上昇は、約3%前後であるのに対し大きな値といえる。

ライフサイクルでのエネルギー消費量、二酸化炭素排出量の減少、を表7-10、7-11、図7-4、7-5にそれぞれ示す。

省エネルギー技術導入によるライフサイクルでのエネルギーおよび二酸化炭素の削減効果は事務所建築の規模にあまり影響されず、おおよそ30%程度でありかなりの効果があると考えられる。また、採用した省エネルギー技術は現在ある程度普及してきているものであり、開発途上のものは含まれていないことからかなり現実的に到達可能な値といえる。

今回の検討ではかなり現実的な省エネルギー技術を対象としたが太陽光発電、燃料電池などの現在開発が進展しかつ一部実用に供されている新技術を付加すればさらに削減効果が期待できる。

またこのような新技術の評価に際しても産業連関表による評価手法の適用は可能であることから今後、新技術の開発についても地球環境的観点からの評価を発展させていくことが真の意味での省エネルギーの達成のためには必要と思われる



表 7-3 解析対象ビルの概要

		小規模		中規模		大規模	
		標準	省エネ	標準	省エネ	標準	省エネ
述べ床面積		3,279㎡		10,089㎡		32,586㎡	
階構成		B1,F7,P1		B1,F10,P1		B2,F14,P2	
空調面積		2323㎡		7878㎡		21507㎡	
空調面積率		71%		78%		66%	
在室人員		0.1人/㎡					
外気量		30㎡／h人					
照明※	空調対象	15.0W／㎡	11.4W／㎡	15.0W／㎡	11.4W／㎡	15.0W／㎡	11.4W／㎡
	便所・湯沸	1.6kW（点灯率50%）		4.0kW（点灯率50%）		6.2kW（点灯率100%）	
	階段	0.7kW（点灯率50%）		1.0kW（点灯率50%）		1.3kW（点灯率100%）	
	地下駐車場	－		2.7kW（点灯率100%）		11.1kW（点灯率100%）	
コンセント負荷		10.9W／㎡	8.7kW／㎡	10.9W／㎡	8.7W／㎡	10.9W／㎡	8.7W／㎡
熱源	冷房	ビルマルチ	ビルマルチ	冷温水発生機	冷温水発生機	ターボ冷凍機	ターボ冷凍機
		95RT COP=3.1	75RT COP=3.1	265RT COP=1.07	210RT COP=1.07	750RT COP=4.1	300RTx2台 COP=4.1
	暖房	ビルマルチ	ビルマルチ	冷温水発生機	冷温水発生機	ボイラー	ボイラー
		240Mcal/h COP=3.5	150Mcal/h COP=3.5	630Mcal/h COP=0.85	400Mcal/h COP=0.85	1,600Mcal/h 効率0.85	600Mcal/h*2 効率0.85

※照明の点灯率は8時から20時までに對する値 事務所ビルの省エネルギー-東京都区部における可能量と必要コストの評価-

(財) 電力中央研究所、平成7年3月より

表 7-4 採用した主な省エネ手法

対象	採用した省エネ手法の内容		
躯体	断熱の強化	屋根	: スチレン発泡板25mm → 75mm
		外壁	: スチレン発泡 なし → 50mm
		地下天井	: ロックウール吹付10mm → 50mm
		窓	: 一重ガラス → 二重ガラス
照明	発生熱負荷の低減 新築: 15.0W/㎡→11.4W/㎡	高効率照明器具の採用	効率24%向上
		タスク照明の採用 在席センサによるアンビエント照明の制御 昼光の利用 昼光センサによるアンビエント照明の制御	タスク照明とアンビエント照明の割合 タスク照明:アンビエント照明=2:1 9-17時:アンビエント照明の 10%を昼光補充
コンセント負荷	発生熱負荷の低減 10.9W/㎡→8.7W/㎡	省エネ型OA機器の採用 在席センサによるOA機器の制御	使用時: 効率20%向上 待機時: 効率80%向上
エレベータ	省エネ型エレベータの採用	効率20%向上	
外気処理	全熱交換器の採用		
搬送	VAVの採用(制御下限40%) VWVの採用(制御下限40%) [新築・大規模モデルビルでは熱負荷に応じて冷凍機およびボイラの台数制御も実施]		

事務所ビルの省エネルギー-東京都区部における可能量と必要コストの評価-

(財) 電力中央研究所、平成7年3月より



表7-5 標準ビルの建設時の費用

	建設工事費 (千円/㎡)		
	小規模	中規模	大規模
仮設	18.7	20.3	16.7
躯体	59.6	74.5	75.6
仕上げ	82.2	91.5	86.9
設備	69.3	88.1	96.2
経費	28.4	33.9	34.0
合計	258.2	308.4	309.4

事務所ビルの省エネルギー東京都区部における可能量と必要コストの評価 (財) 電力中央研究所、平成7年3月より

表7-6 標準ビルの建設時の究極的エネルギー消費量

	エネルギー消費量 (MJ/㎡)		
	小規模	中規模	大規模
仮設	794.9	863.7	707.6
躯体	3656.6	4571.9	4635.8
仕上げ	3824.4	4257.1	4042.2
設備	2007.0	2552.3	2786.9
経費	169.0	201.8	202.5
合計	10451.8	12446.9	12375.0

表7-7 標準ビルの建設時の究極的二酸化炭素排出量

	二酸化炭素排出量 (kg/㎡)		
	小規模	中規模	大規模
仮設	49.6	53.9	44.2
躯体	360.7	451.0	457.3
仕上げ	314.0	349.5	331.9
設備	170.4	216.7	236.7
経費	15.9	19.0	19.1
合計	910.6	1090.1	1089.0



表7-8 省エネビル建設時のエネルギー消費量、二酸化炭素排出量の上昇

		小規模	中規模	大規模
延床面積		3279.0	10089.0	32586.0
省エネ価格増 (千円)	仕上げ	18096.0	48535.0	112399.0
	設備	12357.0	86611.0	242311.0
単位面積当り価格増 (千円/㎡)	仕上げ	5.5	4.8	3.4
	設備	3.8	8.6	7.4
Energy Intensity (MJ/千円)	仕上げ	46.5	46.5	46.5
	設備	29.0	29.0	29.0
エネルギー上昇 (MJ/㎡)	仕上げ	256.8	223.8	160.5
	設備	109.2	248.7	215.4
	合計	366.0	472.5	375.9
CO2 Intensity (kg/千円)	仕上げ	3.8	3.8	3.8
	設備	2.5	2.5	2.5
CO2上昇 (kg/㎡)	仕上げ	21.1	18.4	13.2
	設備	9.3	21.1	18.3
	合計	30.4	39.5	31.5

表7-9 事務所ビルの運用時の省エネ技術導入による究極的エネルギー消費量、二酸化炭素排出量削減効果

	直接エネルギー消費量		エネルギー消費量(MJ/㎡・y)		二酸化炭素排出量(g/㎡・y)	
	標準ビル	省エネビル	標準ビル	省エネビル	標準ビル	省エネビル
小規模	173.4	125.4	1,729	1,250	81,498	58,938
	0.0	0.0	0	0	0	0
			1,729	1,250	81,498	58,938
中規模	140.0	100.4	1,396	1,001	65,800	47,188
	82.0	50.7	417	258	21,648	13,385
			1,812	1,259	87,448	60,573
大規模	166.3	120.6	1,658	1,202	78,161	56,682
	16.7	5.9	85	30	4,409	1,558
			1,743	1,232	82,570	58,240

上段：電力消費量(kWh/㎡/y)  
中段：ガス消費量(mcal/㎡/y)

上段：電力消費によるエネルギー消費量  
中段：ガス消費によるエネルギー消費量  
下段：合計

上段：電力消費による二酸化炭素排出  
中段：ガス消費による二酸化炭素排出  
下段：合計



表7-10 省エネルギー導入によるライフサイクルエネルギーの削減効果

	小規模ビル		中規模ビル		大規模ビル	
	標準ビル	省エネビル	標準ビル	省エネビル	標準ビル	省エネビル
建設	10,452	10,818	12,447	12,920	12,375	12,751
運用	69,160	50,000	72,480	50,360	69,720	49,280
改修	1,460	1,460	1,460	1,460	1,460	1,460
解体	486	486	486	486	486	486
合計	81,558	62,764	86,873	65,226	84,041	63,977

(MJ/m<sup>2</sup>・40年)

表7-11 省エネルギー導入によるライフサイクルCO<sub>2</sub>の削減効果

	小規模ビル		中規模ビル		大規模ビル	
	標準ビル	省エネビル	標準ビル	省エネビル	標準ビル	省エネビル
建設	911	941	1,090	1,130	1,089	1,121
運用	3,260	2,356	3,496	2,424	3,303	2,330
改修	124	124	124	124	124	124
解体	37	37	37	37	37	37
合計	4,332	3,458	4,747	3,715	4,553	3,612

(kg/m<sup>2</sup>・40年)



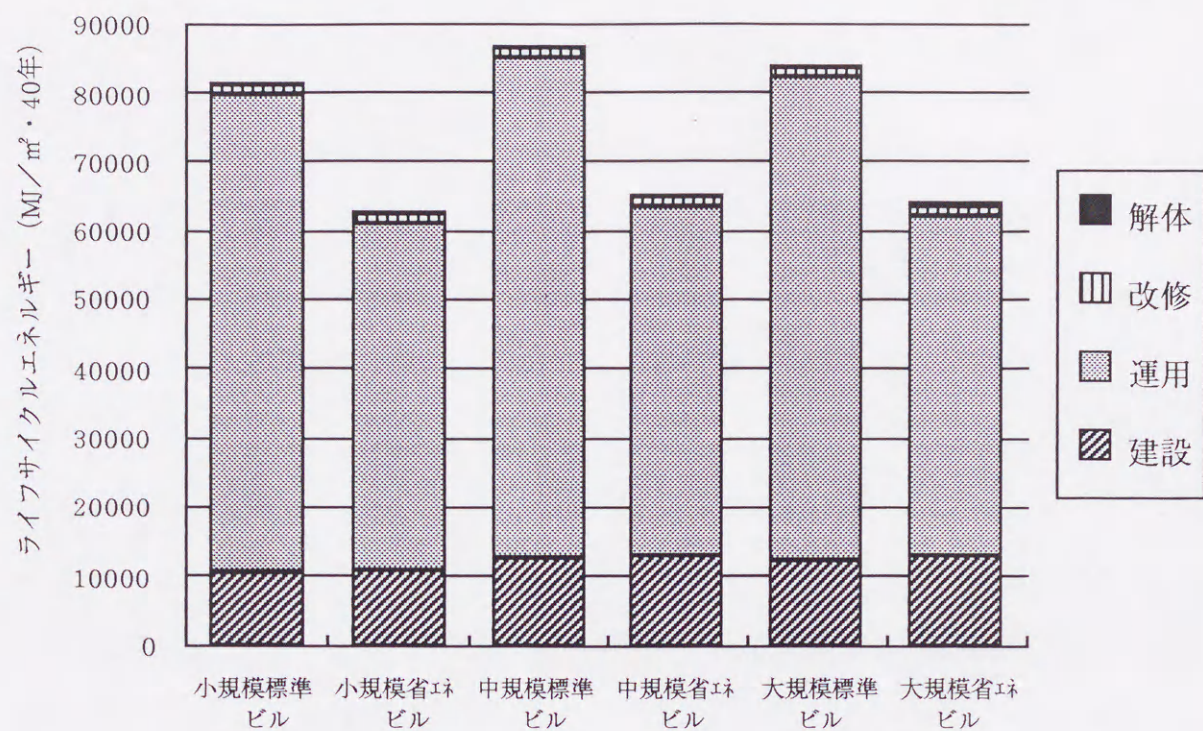


図7-5 省エネ技術導入による規模別ライフサイクルエネルギー削減効果

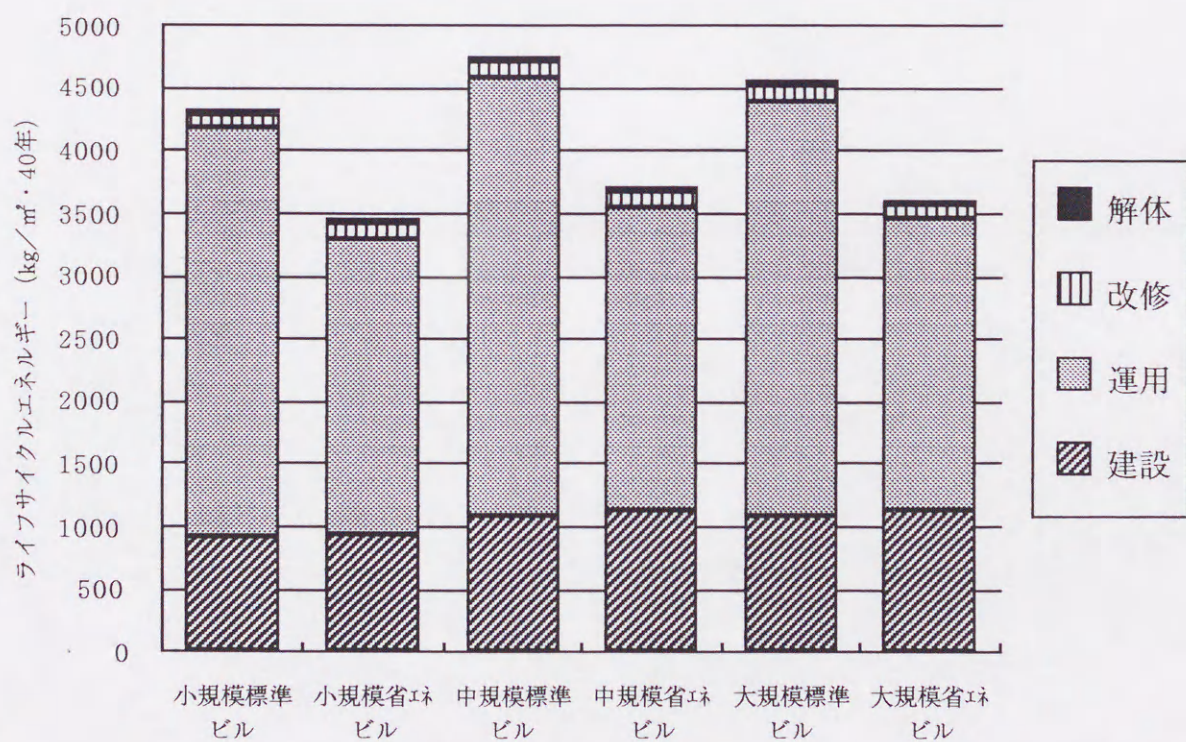


図7-6 省エネ技術導入による規模別ライフサイクルCO<sub>2</sub>削減効果



#### (b) 住宅での効果の検討

住宅建築の場合、戸建住宅、集合住宅に関わらず冷暖房・給湯システムは圧倒的に各戸別のシステムが採用されており、且つ、小規模であることから省エネルギーシステムあるいは技術が事務所建築に比べると導入されずらい状況にある。さらに、住宅では給湯用エネルギー消費量が大きく、これは水道水温を実際に使用する給湯条件まで昇温させるために使用されることから省エネルギー技術の導入がされずらい状況にあるといえる。すなわち、排水からの熱回収などの比較的複雑なシステムの導入によらなければ実現できない問題となっている。

住宅で唯一普及しつつあり価格も現実的といえるものは建築的な断熱性能の強化である。ここでは戸建住宅を対象とし、窓の複層化、外壁、床、屋根裏の断熱の強化を実施した場合のライフサイクル評価を実施した。参考文献<sup>5)</sup>では戸建住宅の断熱の度合による年間冷暖房負荷削減量が計算されており、また、断熱強化に必要な建設費用も積算されていることからこれらの値を利用してここでは検討を行った。

表7-11に窓の施工費を表7-12に断熱材の施工費を文献より抽出して示す。

また、表7-14に標準住宅と省エネルギー住宅の仕様の違い、年間負荷の削減量を文献より数値を一部引用して示す。さらに冷暖房機器の種類、効率をここでは想定し、住宅での直接消費エネルギー量の削減効果も新たに計算して示した。注目すべき点は省エネルギー住宅では断熱の強化によって冷房負荷が若干上昇してしまう点である。しかしながら全体に与える影響は微々たるものであり、断熱強化による暖房負荷削減量の方が圧倒的に大きい。暖房負荷の削減は二重窓の採用と断熱材の厚さを2倍(50mm→100mm)にすることにより約40%削減される。

表7-15では建設時、運用時、保守・修繕、解体を通じてのライフサイクルでのエネルギー消費量、二酸化炭素排出量の削減効果を示



す。建設時のエネルギー消費量、二酸化炭素排出量については本論文4章での木造住宅の分析結果を標準住宅の値として用いた。高断熱住宅は本章での断熱強化、窓の複層化による価格増を産業連関分析し結果を標準住宅のエネルギー消費量に加算して求めた。

運用時（冷暖房、給湯、調理など）については、5章での直接エネルギー消費による究極的エネルギー消費量、二酸化炭素排出量の値を標準住宅の値とし、表7-14にて算出された直接消費エネルギー削減量から計算される究極的エネルギー消費量、二酸化炭素排出量を標準住宅の値から減じて算出した。

修繕・保守、解体については標準住宅、高断熱住宅との差異はあまりないと考え、5、6章での結果を用いている。

結果として、ライフサイクルエネルギーで8.6%、CO<sub>2</sub>では9.7%の削減効果が得られた。また、建設段階での上昇も2～3%であり、あまり大きいとはいえない。

表7-12 窓の施工費

窓の種類	工事費	高性能化による費用増	備考
一重窓	7.51	—	アルミ+単板ガラス
二重窓	12.55	5.04	アルミ+複層ガラス

(119m<sup>2</sup>の住宅に施工した場合を単位床面積に変換) (単位:千円/m<sup>2</sup>)  
(窓面積は31.86m<sup>2</sup>:東5.18,西5.43,南15.18,北6.07m<sup>2</sup>)

注) 省エネルギーハンドブック'93: (財)住宅建築省エネルギー機構より

表7-13 断熱材の施工費 (単位:円)

厚さmm	同左 熱抵抗	材工費 円/m <sup>2</sup> (施工面積)			床面積当り金額
		材料費	施工費	計	
50	1.2	412	400	812	1,733
100	2.4	764	400	1,164	2,485
150	3.6	1,120	420	1,540	3,287

(119m<sup>2</sup>の住宅をグラスウールで断熱した面積:天井67.1, 壁124.6, 床62.3, 合計254m<sup>2</sup>)

注) 省エネルギーハンドブック'93: (財)住宅建築省エネルギー機構より



表7-14 省エネ手法採用による暖冷房負荷・消費エネルギーの削減効果

		標準住宅	省エネ住宅	備考
窓仕様		一重アルミサッシ	二重アルミサッシ	
断熱仕様		ガラスウール50mm	ガラスウール100mm	
年間負荷 (MJ/m <sup>2</sup> ・Y)	暖房	112.5	68.4	
	冷房	67.0	67.6	
負荷削減量 (MJ/m <sup>2</sup> ・Y)	暖房	基準	44.1	
	冷房	基準	-0.6	
直接消費エネルギー削減量 (MJ/m <sup>2</sup> ・Y)	暖房	基準	47.9	石油ファンヒーター：効率0.92
	冷房	基準	-0.2	エアコン：COP3.07

表7-15 省エネルギー手法の導入での戸建て住宅でのLCE、LCCO<sub>2</sub>削減効果

		建設	運用	保守	解体	ライフサイクル合計
エネルギー消費量 (MJ/m <sup>2</sup> )	標準住宅	2,700	17,610	447	79	20,836
	高断熱住宅	2,772	15,888	447	79	19,186
	差	72	1,722	0	0	1,794
二酸化炭素 排出量 (kg/m <sup>2</sup> )	標準住宅	250	930	42	6	1,228
	高断熱住宅	255	816	42	6	1,119
	差	5	114	0	0	119

注) 運用、保守は30年間の合計値

## (2) 使用材料の製造法の違いによる効果の検討

ここでは事務所建築での使用部材のうち主要部材である鉄製品（鉄筋、鉄骨）について検討を行う。鉄の製造法にはエネルギー多消費型の高炉製品と比較的エネルギー使用の低い電炉製品（屑鉄のリサイクル製品）とに分けられる。昭和60年産業連関表ではこれらの区別がないため鉄製品は製造方法の区別なく計算されている。

ここでは第3章で分析対象とした事務所ビルでもっとも床面積の大きい建物Jについて躯体工事のうち鉄に関してエネルギー使用量原単位を変更し、これによる建物全体に対する影響を検討した。

建物Jでは鉄骨117.4kg/m<sup>2</sup>、鉄筋29.2kg/m<sup>2</sup>が使用されて



いる。産業連関表から計算されるエネルギー消費量原単位は12.46MJ/kgでありこれらは高炉製品、電炉製品の日本における平均的な使用量の割合が加味されたものである。

一方、電炉製品および高炉製品のそれぞれのエネルギー消費量原単位は記載された文献が見いだせなかったことから日本鉄鋼連盟にヒアリングを行った。この結果高炉製品は19.7MJ/kg、電炉製品8.38MJ/kgであった。以下に各原単位および建物Jでの使用鋼材に基づくエネルギー消費量を示す。

	原単位 (MJ/kg)	床面積当りエネルギー消費量 (GJ/m <sup>2</sup> )
電炉製品	8.38	1.23
高炉製品	19.70	2.89
産業連関表	12.46	1.83

上記を用いて、建物Jの建設時のエネルギー消費量の低減効果（電炉製品を100%使用した場合）を試算した。結果を下記に示す。

建物Jのエネルギー消費量      鋼材を電炉製品にした場合

仮設	0.52 GJ/m <sup>2</sup>	←
躯体	3.69 GJ/m <sup>2</sup>	3.09 GJ/m <sup>2</sup>
仕上げ	2.45 GJ/m <sup>2</sup>	←
設備	1.57 GJ/m <sup>2</sup>	←
経費	0.13 GJ/m <sup>2</sup>	←
合計	8.36 GJ/m <sup>2</sup>	7.76 GJ/m <sup>2</sup>



試算結果より、躯体工事にてエネルギー消費量が  $3.69\text{GJ/m}^2$  から  $3.09\text{GJ/m}^2$  に低減し、建物全体での建設時でのエネルギー消費量は  $8.36\text{GJ/m}^2$  から  $7.76\text{GJ/m}^2$  に約 7 % の低減がなされた。建設時のみを考慮すると決して少ない効果とはいえないが建物のライフサイクルを視野に入れた場合、建設時でのエネルギー消費量はライフサイクルでの約 20 % であるため L C E では約 1.4 % の低減効果となり、先に検討した省エネルギー方策に比較してその効果は少ないと考えられる。

#### 7 - 4 まとめ

- 1 ) 事務所建築の L C E では、トータルで単位面積当り約  $60\text{GJ}$  でありこのうち約 80 % を運用段階での消費が占める。
- 2 ) 集合住宅では合計  $47\text{GJ}$  のうち約 75 % である  $35\text{GJ}$  を運用段階がしめる。戸建住宅では合計で木造で  $21\text{GJ}$ 、軽量鉄骨で  $23\text{GJ}$  であった。この場合も運用段階でのエネルギー消費量が圧倒的に大きいことがわかった。
- 3 ) L C C O<sub>2</sub> では事務所建築で  $4,500\text{kg/m}^2$ 、集合住宅では  $2,900\text{kg/m}^2$ 、木造戸建住宅では  $1,300\text{kg/m}^2$ 、軽量鉄骨造戸建住宅では  $1,500\text{kg/m}^2$  であった。二酸化炭素排出量の場合は、エネルギー消費量に比較して建設段階での排出割合が若干大きい。
- 4 ) 事務所建築で実現可能な省エネルギー技術を導入した場合のライフサイクルでのエネルギーおよび二酸化炭素の削減効果を標準ビルと比較した結果、削減効果はおおよそ 30 % 程度であった。戸建住宅での試算ではライフサイクルエネルギーで 8.6 %、ライフサイクル C O<sub>2</sub> では 9.7 % の削減効果が得られた。
- 5 ) 事務所建築で建設時に使用鋼材を電炉製品に置き換えると建物全体での建設時のエネルギー消費量は約 7 % の低減がなされた。



「 7 章 参 考 文 献 」

- 1) 野城智也他：地球環境・資源問題を考慮した構工法選択のための原単位評価に関する研究、日本建築学会第9回建築生産と管理技術シンポジウム、1993年
- 2) 科学技術庁：衣食住のライフサイクルエネルギー、昭和55年
- 3) B.Hannon：Energy and Labor in the Construction Sector, Science, vol.202, 1978
- 4) 財団法人電力中央研究所：事務所ビルの省エネルギー - 東京都区部における可能量と必要コストの評価 -、平成7年3月
- 5) 財団法人住宅・建築省エネルギー機構：省エネルギーハンドブック'93 - 住宅・建築編・資料編 -、1993年
- 6) 酒井寛二他：建築物のライフサイクル二酸化炭素排出量、土木学会第3回地球環境シンポジウム講演集、平成7年7月



## 第8章 結論と今後の展望



## 8 - 1 結 論

日本においては全二酸化炭素排出量のうち建設および建築物の運用が全体の約30%を占めており、この面においても建築物に関わる地球環境負荷の低減が求められている。現在まで建築物の建設、運用、解体を通してのライフサイクル評価手法は確立されていなかった。

本論文では産業連関表を分析手法として用い、日本に於ける全建築投資額の50%を占める住宅建築およびRC造を中心とした事務所建築を対象として実建物の分析を行った。これより建設、運用、更新および解体に関わるライフサイクルエネルギー消費量(LCE)、ライフサイクル二酸化炭素排出量(LCCO<sub>2</sub>)を定量化し、これを示した。また定量化手法も提示した。

さらに、LCE、LCCO<sub>2</sub>の低減方策についても幾つか検討を行いこれらの有効性について言及した。

本論文での主要な結果を以下に示す。

### 1) 既存研究と本研究の位置付け

欧米では産業連関分析は幾例か公表されているが分析手法が明示されているものがなく、産業連関表も我国とは異なるため、直接日本に適用できない。

日本においては積み上げ方式が主流であり、各建築部材の材料製造エネルギーを求めた研究が多い。しかし積み上げ方式では仕上げ材や設備機器など材料使用量の少ない工事項目について過小評価する恐れがある。

従って、本研究では間接エネルギー消費や運輸エネルギーなどを含めた究極的なエネルギー消費量、二酸化炭素排出量が計算できる手法が必要との結論に至った。



## 2) 産業連関分析手法の提示

間接エネルギー消費や運輸エネルギーなどを含めた究極的なエネルギー消費量、二酸化炭素排出量が計算できる手法には産業連関分析が最適であるが、今までは主として、マクロ経済の分析手法として用いられており、個々の建物に適用する方法論が提示されていなかった。

従来、積み上げ方式では全ての材料使用量が示されている事が必要であったが、建設見積書では主要部材を除き、単に金額が記載されているに過ぎない。

本研究では、建設見積書の記載金額を基にこれを最終需要と付加価値に分類する手法を提示し、これより得られた最終需要を産業連関分析に用いて国内総生産額を算出する。さらに各産業部門のエネルギー消費量や資源消費量をマトリックス表示している物量表を組み合わせ、エネルギー消費量や二酸化炭素排出量を計算する手法を提示した。

## 3) 事務所建築の建設時の分析

エネルギー消費量の10建物平均は $8,950 \text{ MJ} / \text{m}^2$ であった。これは運用時のエネルギー消費量の約10年分に相当するエネルギー消費量であった。海外でのモデル建物で検討を行った例(B. Hannonら)では、結果が $8,400 \text{ MJ} / \text{m}^2$ であり本研究とほぼ一致すると考えて良い値であった。

事務所建築の建設時の二酸化炭素排出量の平均は、約 $790 \text{ kg} / \text{m}^2$ であった。二酸化炭素排出量もエネルギー消費量と同様の傾向であった。

積み上げ方式では過小評価する恐れがあった仕上げ材や設備機器などの全体のエネルギー消費量や二酸化炭素排出量に占める割合も大きく、これらの評価分析が重要であることが明らかになった。



本研究では、さらに事務所建築の建設時のエネルギー消費量及び二酸化炭素排出量インテンシティーを提示した。エネルギーでは平均で、 $39.4 \text{ MJ/¥1,000}$ であった。各工事項目毎にみると構造工事が最大で $61.3 \text{ MJ/¥1,000}$ でありこの要因は単位金額当たりのエネルギー多消費型資材（鉄、コンクリート）が多量に使用されることにある。

二酸化炭素排出量のインテンシティーは平均で $3.55 \text{ g/¥1,000}$ であった。

#### 4) 集合住宅の建設時の分析

エネルギー消費量は、約  $8,900 \text{ MJ/m}^2$  であり、木造系戸建住宅は、約  $2,700 \text{ MJ/m}^2$ 、軽量鉄骨系戸建住宅は、約  $4,600 \text{ MJ/m}^2$  であった。各構造別に顕著に傾向が分かれた。即ち、構造工事でのエネルギー消費量が同一構造ではほとんど同じ（SRC集合住宅を除く）であり木造系戸建住宅が最も低い値であった。

木造系戸建住宅での国内での積み上げ方式での計算例では、野城らのものがあり、エネルギー消費量は約  $2,900 \text{ MJ/m}^2$  であった。積み上げ方式を採用しているため経済波及効果が加算されていないにもかかわらず値が本研究より大きい原因は、鉄、コンクリートのエネルギー消費量原単位が大きいことによるものと考えられる。

集合住宅での試算例では、同じく積み上げ方式で科学技術庁のものがあり  $6,300 \text{ MJ/m}^2$  との結果が報告されている。これは本研究に比較し、かなり低い値であるが、経済波及効果が算入されていない為である。

建設時の分析により集合住宅では、構造工事によるエネルギー消費量及び $\text{CO}_2$ 排出量が多いことが特徴であり、エネルギー消費量では木造系住宅の9倍であり、軽量鉄骨系住宅は木造系住宅の5倍となる。これは鉄筋、鉄骨、コンクリートの消費によるものと考えられる。



集合住宅、木造戸建住宅、軽量鉄骨戸建住宅いずれも構造工事を除くと他の工事でのエネルギー消費量、二酸化炭素排出量にはあまり差がないことが明かになった。

住宅建設の単位投入金額あたりの、エネルギー消費量（インテンシティー）は集合住宅では、約 31MJ/千円、木造系住宅では、約 19MJ/千円、軽量鉄骨系では、約 25MJ/千円であった。インテンシティーにおいても集合住宅および軽量鉄骨系住宅は木造住宅に比べて高く、この原因は構造工事による。

#### 5) 運用時の分析

事務所運用時のエネルギー消費量の平均は約  $1,212 \text{ MJ} / \text{m}^2 \cdot \text{年}$ 、二酸化炭素排出量の平均は、約  $87 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot \text{年}$  であり、エネルギー消費量と二酸化炭素排出量の約 9 割は光熱水費に起因するものであった。

住宅の運用時のエネルギー消費量、二酸化炭素排出量はそれぞれ、 $587 \text{ MJ} / \text{m}^2 \cdot \text{年}$ 、 $31 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot \text{年}$  であり、事務所建築での単位面積当りのエネルギー消費量、二酸化炭素排出量と住宅のそれを比較すると、エネルギーでは、48%、二酸化炭素排出量では 35% となり、住宅での割合は低くなっている。

#### 6) 解体時の分析

事務所建築での解体でのエネルギー消費量は  $486 \text{ MJ} / \text{m}^2$ 、二酸化炭素排出量  $36.5 \text{ kg} / \text{m}^2$  であった。解体行為がライフサイクル全体に占める割合は、エネルギー消費量では 0.8% であり無視しうるほど低いといえる。

住宅の解体でのエネルギー消費量は、戸建住宅で  $78.7 \text{ MJ} / \text{m}^2$ 、集合住宅では  $424 \text{ MJ} / \text{m}^2$ 、二酸化炭素排出量は、それぞれ  $5.58 \text{ kg} / \text{m}^2$ 、 $29.9 \text{ kg} / \text{m}^2$  であった。住宅においても解体行為がライフサイクル全体



に占める割合は無視し得るほど低いといえる。

#### 7) ライフサイクル分析

事務所建築のLCEは $60\text{GJ}/\text{m}^2 \cdot 40\text{年}$ 、集合住宅では $47\text{GJ}/\text{m}^2 \cdot 60\text{年}$ 、木造戸建住宅は $21\text{GJ}/\text{m}^2 \cdot 30\text{年}$ 、軽量鉄骨戸建住宅では $23\text{GJ}/\text{m}^2 \cdot 30\text{年}$ であった。住宅に関しては60年を考えると、集合住宅、木造戸建住宅、軽量鉄骨戸建住宅いずれの差もかなり少なくなる。

事務所建築のLCCO<sub>2</sub>は $4,500\text{kg}/\text{m}^2 \cdot 40\text{年}$ であり、集合住宅では $2,900\text{kg}/\text{m}^2 \cdot 60\text{年}$ 、木造戸建住宅は $1,300\text{kg}/\text{m}^2 \cdot 30\text{年}$ 、軽量鉄骨戸建住宅では $1,500\text{kg}/\text{m}^2 \cdot 30\text{年}$ であった。住宅に関しては60年を考えるとエネルギー消費量同様、集合住宅、木造戸建住宅、軽量鉄骨戸建住宅いずれの差もかなり少なくなる。

LCE低減方策として省エネルギー技術導入のケースについて検討を行った結果、事務所建築、住宅建築とも建設時のエネルギー消費量、二酸化炭素排出量約3%上昇するが、ライフサイクルでは事務所建築ではエネルギー消費量、二酸化炭素排出量とも約30%の削減効果が得られた。住宅建築ではLCEで約9%、LCCO<sub>2</sub>で約10%の効果が得られた。従って、いずれも建設時に若干の負荷増なっても省エネルギー技術を導入すれば、ライフサイクルとしては環境負荷が低減されることが確認できた。しかしながら、現状では省エネルギー技術への建設投資を低く抑えようとする結果として、必ずしも良好といえない建設ストックが形成されている危惧がある。

以上、本研究では、産業連関表による個々の建築物のライフサイクル解析手法を提示し、実建物にこれを適用し、エネルギー消費量、二酸化炭素排出量の構成を示した。さらに工事項目別の原単位を示した。これらのことより見積書を基にした分析手法が確立し、建設



段階から個々の建物に応用できる評価手法として利用が可能となった。

## 8 - 2 今後の展望

本論文では、地球温暖化につながる化石燃料の燃焼にともなうエネルギー消費、二酸化炭素排出について、日本の全建築投資額で約1/2のシェアを占める住宅建築およびRC造を中心とした事務所建築について定量化を行い、また負荷の低減方策についても検討を加えた。

地球環境に対する負荷を考えると建設分野での貢献が非常に大きいと考えられる。しかしながら現在では、二度のオイルショック直後の様な切迫した省エネルギーに対するニーズは消失していると言えよう。逆に、経済的側面から現在、初期建設投資に対する抑制力が強く働いており、初期建設投資を抑制するあまり、運用段階でのエネルギー消費を考えると、決して有利とは思われない建物が数多く出現している危惧がある。

本論文では省エネルギー技術の導入がライフサイクルエネルギー低減にいかに効果があるか示したが、技術内容の詳細検討には至っていない。本来、省エネルギー技術、あるいは新エネルギー技術は、製品製造からのライフサイクルエネルギーで評価されるべきであり今後この分野での研究開発の進展が期待される。

さらに本論文では、建物のライフサイクル分析を行ったが、建築物の解体以降の資源のリサイクルについては検討の対象外であった。しかしながら、近年、リサイクルに関する関心の高まりとともに技術開発の進展などから様々なリサイクル技術が実用化されてきている。従って、今後はライフサイクル分析にリサイクル段階までを組み込んだ分析が求められるようになってくるであろう。今後、この分野での研究開発の進展も期待される。

また評価手法に関しては、本論文では、産業連関表を用いた解析



手法であるため、国外での製品製造に伴う環境への負荷の発生については考慮されておらず、今後の研究に期待せざるを得ない。たとえば世界産業連関表の作成などがこの分野での研究に多いに寄与すると考えられる。しかしながら、世界を対象とした連関表の作成には膨大な作業が伴い、さらに産業データの整備が遅れている国々も含めた分析が必要なことから簡単には実現できない。

これに代わり簡易的に国外での製品製造などによる環境負荷を定量化する手法として、輸入品を国内で製造した場合の環境負荷を計算し足し合わせる方法も現在提案されている。しかしながら各国により生産体制、エネルギー需給状況に大きな違いがあることからこれらの手法を採用する場合のデータの修正方法などについては、今後の研究を待たなければならない。

また、積み上げ方式による分析手法では、国外での負荷発生について比較的容易に取扱える可能性があり、この手法の今後の整備も期待されるところである。

産業連関表での解析では経済波及効果が加味されているため、結果の精度検証が事実上、不可能であり、他の分析手法と同一対象を分析するなどの間接的な検証が必要と考えられる。

今後、日本において、さらには世界での共通の評価手法の作成なども期待される。



## 謝 辞

本論文をまとめるに当たって、主任指導として広い視野から研究の遂行を見守って頂き、ご助言、ご指導いただいた宇都宮大学建設学科・田中淳夫教授に心から感謝の意を表します。

また、須賀堯三教授には幅広い視野からの貴重なご指導ご助言を頂き感謝の意をここに表わします。

小西敏正教授には入学当初より貴重なご助言とご指導を頂き、また岡建雄教授には博士課程入学以前から今日に至るまで研究課題の設定、研究の進め方、まとめ方についてきめこまかな適切なご指導を頂きました。ここに心から感謝の意を表します。

郡公子助教授に研究をまとめるにあたり貴重なご助言とご指導を頂き、感謝の意を表します。

副専門履修に際しては、上村克郎教授（現：関東学院大教授）と長谷部正彦教授にご指導を頂き、ここに感謝の意を表します。

修士課程まで直接ご指導頂いた北海道大学衛生工学科・落藤澄教授には、幅広い視野よりご助言を頂き、またあたたかい励ましのお言葉を頂戴いたしました。ここに記して深謝の意を表わします。

清水建設（株）技術開発センター・徳弘知也担当には、入学に際してご配慮頂き、研究遂行に際して励ましのお言葉を頂きました。

設備本部・竹林芳久部長には、博士課程入学以前から研究課題の設定など様々のご助言、ご指導をいただきました。さらに入学に際してご配慮頂き、また、研究遂行に際して励ましのお言葉を頂きました。

宇都宮大学・博士課程で1年先輩にあたる森野仁夫技術研究所主任研究員には様々なアドバイスを頂きました。

これらの方々にここに記して感謝の意を表します。

宇都宮大学修士課程（当時）の岡田圭史君・4年生（当時）の門脇由夏君・修士課程矢野謙禎君にはデータ整理・解析などでご尽力頂き、感謝の意を表します。



本論文に関する既発表論文

[学・協会誌等発表論文]

1. 産業連関表による建築物の評価  
その3. 住宅建設によるエネルギー消費量、二酸化炭素排出量  
鈴木道哉、岡建雄、岡田圭史  
日本建築学会計画系論文集 第463号、75-82P、94年9月
2. 産業連関表による建築物の評価  
その4. 事務所建築の建設・運用に関わるエネルギー消費量、二酸化炭素排出量、  
鈴木道哉、岡建雄、岡田圭史、矢野謙禎  
日本建築学会計画系論文集 第476号、37-43P、95年10月
3. The estimation of energy consumption and amount of pollutant due to  
the construction of buildings,  
Tatsuo OKA, Michiya SUZUKI, Tetsuo KONNYA  
Energy and Buildings, vol.19, p.303-311, 1993
4. The estimation of energy consumption and CO<sub>2</sub> emission due to  
housing construction in Japan  
Michiya SUZUKI, Tatsuo OKA, Kiyoshi OKADA  
Energy and Buildings, vol.22, No.2 p.165-169, 1995

[口頭発表論文]

1. 産業連関表による建築物の評価  
その9. 需要端でのエネルギー消費に伴う環境負荷  
日本建築学会大会学術講演梗概集、429-430p, 93年9月
2. 産業連関表による建築物の評価  
その10. 解体工事に必要なエネルギー量と環境負荷  
日本建築学会大会学術講演梗概集、1337-1338p, 93年9月
3. 産業連関表による建築物の評価  
その11. 住宅建設に伴うエネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量(No.1)  
日本建築学会大会学術講演梗概集、1297-1298p, 94年9月
4. 産業連関表による建築物の評価  
その12. 住宅建設に伴うエネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量(No.2)  
日本建築学会大会学術講演梗概集、1299-1300p, 94年9月



5. 産業連関表による建築物の評価  
その13. 事務所建築の建設及び運用に伴うエネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量(No.1)  
日本建築学会大会学術講演梗概集、661-662p, 95年8月
6. 産業連関表による建築物の評価  
その14. 事務所建築の建設及び運用に伴うエネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量(No.2)  
日本建築学会大会学術講演梗概集、663-664p, 95年8月
7. 産業連関表による建築物の評価  
その4. 事務所建築の改修に伴う必要資源量およびCO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>煤塵排出量  
空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、1249-1252p, 92年10月
8. 産業連関表による建築物の評価  
その6. 運用エネルギーの生産原単位に関する試算  
空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、489-492p, 93年10月
9. 産業連関表による建築物の評価  
その7. 解体工事に必要なエネルギーと環境負荷  
空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、493-496p, 93年10月
10. 産業連関表による建築物の評価  
その8. 住宅建設によるエネルギー消費量、二酸化炭素排出量  
空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、1209-1212p, 94年10月
11. 産業連関表による建築物の評価  
その10. 事務所建築の建設及び運用に伴うエネルギー消費量、二酸化炭素排出量  
空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、1337-1340p, 95年10月

[国際会議発表論文]

THE ESTIMATION OF ENERGY CONSUMPTION AND CO<sub>2</sub> EMISSION DUE TO THE  
CONSTRUCTION OF OFFICE BUILDINGS AND HOUSES, Proceedings of  
PAN PACIFIC SYMPOSIUM on Building and Urban Environmental  
Conditioning in Asia, March, 1995, Japan, P233-241



